

Der Einfluss von biokeramisch beschichteten Kleidern auf das posturale Gleichgewicht

**Masterarbeit zur Erlangung des Masters
in Bewegungs- und Sportwissenschaften**

**Departement für Medizin
Universität Freiburg**

Eingereicht von:	Simone Constantin
Matrikelnummer:	07-207-020
Telefon:	+41 (0)79 268 98 68
Betreut durch:	Prof. Jean-Pierre Bresciani
Abgabetermin:	September 2013

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung	3
2 Einleitung.....	4
3 Theoretisches Hintergrundwissen	5
3.1 Posturales Gleichgewicht.....	5
3.1.1 Visuelle Informationen	5
3.1.2 Vestibuläre Informationen.....	6
3.1.3 Taktile Informationen	7
3.1.4 Somatosensorische Informationen	8
3.1.5 Auditive Informationen.....	9
3.2 Nutzen eines verbesserten posturalen Gleichgewichts.....	10
3.3 Biokeramisch beschichtete Kleider	10
3.4 Ziel und konkrete Fragestellung	12
4 Methodik	13
4.1 Probanden.....	13
4.2 Testmaterial.....	13
4.2.1 Gleichgewichtsplattform	13
4.2.2 Mustervorlage für die Fussposition.....	14
4.2.3 Kleidungsstücke	14
4.2.4 Testraum	15
4.3 Testdurchführung	16
4.4 Statistische Versuchsplanung	18
4.4.1 Unabhängige Variable	18
4.4.2 Abhängige Variablen	18
4.4.3 Kontrollvariablen.....	19
4.5 Statistische Auswertung	20
5 Resultate.....	22
5.1 Variable „Length“	23
5.2 Variable „Length LR“ und „Length FR“	25
5.3 Variable „Surface 90“ und „Surface 99“	27
5.4 Variable „Range LR“ und „Range FR“	29
6 Diskussion und Schlussfolgerungen.....	32
Quellenverzeichnis	37
Literaturverzeichnis	37
Elektronische Referenzen.....	38
Abbildungsverzeichnis	38

Anhang	39
Danksagung	46
Persönliche Erklärung	46
Urheberrechtserklärung.....	46

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

<i>Tab. 1: Verlaufsplanung der Messungen.....</i>	<i>17</i>
<i>Tab. 2: F- und p-Werte (Kleiderart, Reihenfolge und Kleiderart:Reihenfolge).....</i>	<i>22</i>
<i>Tab. 3: Liste der Probanden (mit Informationen zur Testdurchführung).....</i>	<i>39</i>
<i>Tab. 4: Mittelwerte und Standardabweichungen (Grand mean, B und P)</i>	<i>39</i>
<i>Tab. 5: Mittelwerte und Standardabweichungen (First und Second).....</i>	<i>39</i>
<i>Tab. 6: Mittelwerte (Kleiderart:Reihenfolge)</i>	<i>40</i>
<i>Tab. 7: Einzelne Testresultate (Biokeramisch beschichtete Kleidungsart).....</i>	<i>40</i>
<i>Tab. 8: Einzelne Testresultate (Placebo-Kleidungsart)</i>	<i>42</i>
<i>Abb. 1: Gleichgewichtsplattform</i>	<i>14</i>
<i>Abb. 2: Mustervorlage für die Position der Füße.....</i>	<i>14</i>
<i>Abb. 3: Kleiderarten a) Biokeramische Beschichtung (B) b) Kontrollkleidung (P) ...</i>	<i>15</i>
<i>Abb. 4: Visuelle Umgebung</i>	<i>16</i>
<i>Abb. 5: Mittelwerte (B und P): "Length", "Length LR" und "Length FR".....</i>	<i>23</i>
<i>Abb. 6: Individuelle Mittelwerte (B und P): "Length" in mm</i>	<i>24</i>
<i>Abb. 7: Mittelwerte (First und Second): "Length", "Length LR" und "Length FR"</i>	<i>24</i>
<i>Abb. 8: Interaktionseffekt: „Length“</i>	<i>24</i>
<i>Abb. 9: Individuelle Mittelwerte (B und P): "Length LR" in mm.....</i>	<i>25</i>
<i>Abb. 10: Individuelle Mittelwerte (B und P): "Length FR" in mm</i>	<i>26</i>
<i>Abb. 11: Interaktionseffekt: a) „Length LR“ b) „Length FR“</i>	<i>27</i>
<i>Abb. 12: Mittelwerte (B und P): „Surface 90“ und „Surface 99“</i>	<i>27</i>
<i>Abb. 13: Individuelle Mittelwerte (B und P): "Surface 90" in mm²</i>	<i>28</i>
<i>Abb. 14: Individuelle Mittelwerte (B und P): "Surface 99" in mm²</i>	<i>28</i>
<i>Abb. 15: Mittelwerte (First und Second): „Surface 90“ und „Surface 99“</i>	<i>28</i>
<i>Abb. 16: Interaktionseffekt: a) „Surface 90“ b) „Surface 99“</i>	<i>29</i>
<i>Abb. 17: Mittelwerte (B und P): „Range LR“ und „Range FR“</i>	<i>29</i>
<i>Abb. 18: Individuelle Mittelwerte (B und P): "Range LR" in mm</i>	<i>30</i>
<i>Abb. 19: Individuelle Mittelwerte (B und P): "Range FR" in mm.....</i>	<i>30</i>
<i>Abb. 20: Mittelwerte (First und Second): „Range LR“ und „Range FR“.....</i>	<i>31</i>
<i>Abb. 21: Interaktionseffekt: a) „Range LR“ b) „Range FR“</i>	<i>31</i>
<i>Abb. 22: a) "Length" in mm b) ohne Ausreisser (<515 mm).....</i>	<i>44</i>
<i>Abb. 23: a) "Length LR" in mm b) "Length FR" in mm.....</i>	<i>44</i>
<i>Abb. 24: a) "Surface 90" in mm² b) ohne Ausreisser (<350 mm²).....</i>	<i>45</i>
<i>Abb. 25: a) "Surface 99" in mm² b) ohne Ausreisser (<820 mm²).....</i>	<i>45</i>
<i>Abb. 26: a) "Range LR" in mm b) "Range FR" in mm</i>	<i>45</i>

1 Zusammenfassung

Das Ziel der Studie war es zu bestimmen, ob das Tragen einer biokeramisch beschichteten Kleidung mit gelockerter Elastizität das posturale Gleichgewicht verbessert. Getestet wurden 18 gesunde Probanden (Durchschnittsalter 25.17 ± 3.54 Jahre; 10 Frauen, 8 Männer).

Bei den Testpersonen wurden die Schwankungen des mittleren Belastungspunktes über der Fussunterstützungsfläche mit einer Gleichgewichtsplattform gemessen. Die quadratische Plattformkonstruktion besteht aus einer Gewichtsplatte und vier Sensoren an jeder Ecke. Die Tests wurden auf der Basis der zwei Einflussfaktoren der Kleiderart (Stufen: biokeramisch beschichtete Textilie und Placebo-Stoff) und der Reihenfolge der getragenen Kleiderarten (Stufen: Messungen 1-5 und Messungen 6-10) durchgeführt. Gegenüber den Originalkleidungsstücken wurde bei den Kleidern, bestehenden aus einem Hemd und ein paar Hosen, die Elastizität gelockert. Pro Kleiderart wurden jeweils 5 Messungen mit einer Dauer von 40 Sekunden durchgeführt. Die zweifaktorielle Varianzanalyse hat ergeben, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen der gelockerten, biokeramisch beschichteten Kleidung und der Kontrollkleidung in Bezug auf das posturale Gleichgewicht gibt.

Die veränderte Komponente der Originalkleidungen lässt auch deren Effekt auf das posturale Gleichgewicht schwinden. Mehrere Studien konnten zeigen, dass das Tragen einer biokeramisch beschichteten Kleidung die Stabilitätskontrolle positiv beeinflusst. Auf Grund der gelockerten Elastizität liegt der Stoff nicht mehr eng an der Haut auf, was zu diesem Resultat geführt haben könnte. Um einer möglichen Wirkung des speziellen Textils bezüglich des posturalen Gleichgewichts auf den Grund zu gehen, sind weitere Studien nötig.

2 Einleitung

In den letzten Jahren hat sich auf dem Kleidermarkt der Trend der Funktionsbekleidung etabliert. Immer öfters werden funktionale Kleidungsstücke im Freizeitsport wie auch im Hochleistungssport eingesetzt. Dabei zählt bei den Kleidern nicht nur Komfort und Modernität, sondern vor allem deren funktionale Komponente. Die in der Praxis hoch angepriesenen Kleider können unterschiedlichste Funktionalitäten aufweisen. Als gemeinsamen Nenner haben die innovativen Technologien meistens deren Versprechen, dass sie sich positiv auf die physische und psychische Leistungsfähigkeit auswirken.

Die meisten Funktionskleider werden mit dieser leistungsfördernden Wirkung umworben, so auch die Textilien von HT Concept. Das Unternehmen entwickelte die Kleiderlinie GOLD REFLECT'LINE®. Diverse namhafte Spitzensportler haben laut der Internetseite (HT Concept, online) die neue Technologie schon getestet haben. Dabei bestätigen sie eine positive Wirkung auf ihr Wohlbefinden.

Mittlerweile wird die biokeramisch beschichtete Kleidung von bekannten Kleidermarken wie z.B. „Picture Organic Clothing“, „Rip Curl“, „Salomon“, „Quiksilver“ aufgenommen und in ihr Sortiment eingeführt. GOLD REFLECT'LINE® wird nicht mehr nur für die Sportbekleidung produziert, sondern auch für deren Einsatz im Alltag.

Laut Hersteller soll die biokeramische Beschichtung der Kleidungsstücke den muskulären Tonus stimulieren. Die spezielle Faserung soll die vom Menschen abgegebene und verlorene Energie auffangen und dem Körper wieder zurückgeben. Der menschliche Körper kann dadurch seine Leistungsfähigkeit verbessern, sich schneller erholen und fühlt sich wohl. Das Tragen einer biokeramisch beschichteten Kleidung soll zudem das posturale Gleichgewicht verbessern.

Auf diesem letzten Effekt der posturalen Gleichgewichtsamelioration ist die folgende Studie aufgebaut. Biokeramisch beschichtete Kleidungsstücke der Linie GOLD REFLECT'LINE® werden bezüglich ihres Einflusses auf das posturale Gleichgewicht hin getestet.

Im ersten Teil der Arbeit werden der theoretische Hintergrund und die bestehenden Studien zu den biokeramisch beschichteten Kleidungsstücken dargelegt. Anschließend wird im zweiten Teil die Methodik der durchgeführten Tests erläutert. Die Ergebnisse werden im dritten Teil dieser Arbeit dokumentiert und im letzten Teil anschließend diskutiert.

3 Theoretisches Hintergrundwissen

3.1 Posturales Gleichgewicht

Spricht man vom posturalen Gleichgewicht eines Menschen, dann ist damit seine Gleichgewichtsfähigkeit und die Kontrolle seiner Standstabilität gemeint (Taube & Gollhofer, 2012, S. 252). Die Gleichgewichtsfähigkeit eines Menschen spielt im Alltag und im Sport eine wichtige Rolle. Um die aufrechte Körperposition im bi-pedalen Stand halten zu können, wird aufgrund des hohen Körperschwerpunktes und der kleinen Unterstützungsfläche des Fusses ein andauernder Stabilisationsprozess benötigt.

Um das Standgleichgewicht zu kontrollieren wirken viele körperinterne Regelungsmechanismen mit. Durch ein komplexes Zusammenspiel von neuronalen und muskulären Mechanismen wird das posturale Gleichgewicht reguliert und kann aufrechterhalten werden. Die posturale Gleichgewichtskontrolle ist eine anspruchsvolle sensorimotorische Leistung. Wie der Mensch sein Gleichgewicht neurophysiologisch aufrecht halten kann, konnte bis heute nicht abschliessend geklärt werden (Taube, 2006, S. 33). Es ist nicht klar, „ob der Standkontrolle eine feedbackbasierte Muskelaktivierung, eine passive open-loop Kontrolle oder aber eine antizipative Feedforward-Organisation zu Grunde liegt“ (Taube, 2006, S. 33).

Die Aufgabe des zentralen Nervensystems (ZNS) besteht darin, den Körper über der kleinen Fussunterstützungsfläche im Gleichgewicht zu halten (Taube, 2006, S. 31). Die sensorischen Informationssysteme helfen mit, um diese Aufgabe zu erfüllen. Visuelle, vestibuläre, taktile und propriozeptive Informationen sowie deren Interaktion tragen zur Standorganisation bei (Taube & Gollhofer, 2012, S. 253). Fehlen diese Informationsquellen führt dies zu verstärkten Oszillationen des Körpers und einer verschlechterten Standkontrolle. Im Folgenden werden die Systeme und ihr Beitrag zur reflektorischen Gleichgewichtskontrolle während des Standes und der Fortbewegung erläutert.

3.1.1 Visuelle Informationen

Lee & Aronson (1974) haben in ihren Studien gezeigt, dass das visuelle System einen wichtigen Beitrag zur Organisation des Standgleichgewichts leistet. Sie testeten Kleinkinder in einem Raum, in welchem die Wände verschiebbar und der Boden fest fixiert waren. Die Kinder stellten sich aufrecht in der Raummitte hin. Anschliessend wurden die Wände nach hinter oder nach vorne verschoben. Bei 82% der Probanden

konnte eine Reorganisation des Standgleichgewichts festgestellt werden. Dies zeigt, dass eine unerwartete visuelle Ressource eine Gleichgewichtsstörung provozieren kann.

In späteren Jahren zeigten mehrere Studien (Buchanan & Horak, 1999; Hafstrom, Fransson, Karlberg, Ledin & Magnusson, 2002), dass visuelle Afferenzen für die Gleichgewichtskontrolle wichtig sind. Sobald das visuelle Blickfeld eingeschränkt wird erhöhen sich die posturalen Gleichgewichtsschwankungen. Entzieht man die visuelle Rückmeldung bei einer Testperson, wirkt sich dies negativ auf das Standgleichgewicht aus.

Taube, Leukel & Gollhofer (2008) konnten zeigen, dass sich die Verschiebungen des mittleren Belastungspunktes auf der Fussunterstützungsfläche verkleinern, sobald die Probanden ein visuelles Feedback erhalten. Die Testpersonen konnten sich selbst, mithilfe eines Laserpointers, einen visuellen Anhaltspunkt an die ihnen gegenüberliegende Wand projizieren. Dadurch konnten sich die Probanden besser ausbalancieren und erlangten eine Reduktion der Körperschwankungen.

Der Einfluss der visuellen Information auf die Standorganisation beruht auch auf der Interaktion mit dem vestibulären System (Taube & Gollhofer, 2012, S. 254). Die beiden Systeme sind über den vestibulo-okulären Reflex gekoppelt und beeinflussen die Organisation des ungestörten Standes. Diese Verschaltung ermöglicht dem Menschen visuelle Reize, während gleichzeitiger Bewegung im Raum, wahrzunehmen.

3.1.2 Vestibuläre Informationen

Der Vestibularapparat (Vestibularapparat, online) gilt als wichtigstes Gleichgewichtsorgan des Menschen. Er besteht aus drei Bogengänge, die auch als Drehsinnorgan bekannt sind, und zwei Maculaorganen.

Die drei Bogengänge (sagittal, vertikal und horizontal) können sensorische Signale über die Rotationen des Kopfes im dreidimensionalen Raum erfassen. Die Informationen der im Raum wahrgenommenen Drehbeschleunigungen des Kopfes werden an das ZNS weitergeleitet.

Die Maculaorgane Sacculus und Utriculus nehmen die linearen Beschleunigungen des Körpers im Raum wahr und transferieren diese an das ZNS. Die translatorische Bewegungswahrnehmung wird durch den Trägheitseffekt der Otholiten, die sich in den zwei Maculaorganen befinden, ermöglicht. Der Sacculus erfasst die vertikalen

Beschleunigungen des Körpers. Der Utriculus nimmt die horizontalen Beschleunigungen wahr.

Die Aufnahme von vestibulären Afferenzen, die anschliessend zum Gehirn weitergeleitet werden, ist wichtig für die reflektorische Gleichgewichtskontrolle (Taube & Gollhofer, 2012, S. 254). Mit diesen sensorischen Informationen können eigene Bewegungen erfasst, aber auch Bewegungen von anderen Objekten wahrgenommen werden (Taube & Gollhofer, 2012, S. 254). Das Gefühl, dass sich der eigene Körper oder ein Objekt in Bewegung befindet, ist nötig, um den Körper im Gleichgewicht halten zu können. Auch die Wahrnehmung von Gravitationskräften, die bei Beschleunigungen auf den Körper wirken, ist wichtig für die Standregulation. Eine Fehlinterpretation bzw. eine sensorische Illusion kann das posturale Gleichgewicht stören (Taube & Gollhofer, 2012, S. 255).

Mauritz und Dietz (1980) zeigten, dass das vestibuläre System vor allem die Kontrolle von langsamen Körperschwankungen (ab ca. 1 Hz) reguliert. Ansonsten dienen die Informationen des Vestibularapparates hauptsächlich der posturalen Orientierung und weniger der Standregulation.

Neben den vestibulären Informationen werden im Gehirn auch die taktilen und visuellen Signale gekoppelt, damit der Körper der Situation und der Umgebung entsprechend reagieren kann.

3.1.3 Taktile Informationen

Die kutanen Rezeptoren des Fusses spielen eine, wenn auch eher kleine Rolle der Standregulation (Taube & Gollhofer, 2012, S. 255). Zum Beispiel weisen Patienten, die aufgrund von diabetischer Neuropathie keine taktile plantare Empfindungen mehr wahrnehmen können, eine verminderte Gleichgewichtskontrolle auf (Taube & Gollhofer, 2012, S. 255).

Lackner & DiZio (2005) zeigten, dass nicht nur über Hautsensoren der Fussunterstützungsfläche Informationen zur Verbesserung des Gleichgewichtes aufgenommen werden können. Berührt man mit der Hand oder mit nur einem Finger einen Anhaltspunkt, ohne dabei einen grossen Kraftaufwand zu leisten, wirkt sich dies positiv auf die Gleichgewichtskontrolle aus. Die kutane Sensorik über die Fusssohlen oder die Handflächen kann die Organisation des ungestörten Standes unterstützen.

Jedoch unterstützen die sensorischen Informationen, die über die Muskelspindeln, die Golgi-Sehnen Organe oder die Gelenkrezeptoren aufgenommen werden, die Stabilisation des Gleichgewichtes wesentlich mehr.

3.1.4 Somatosensorische Informationen

Fitzpatrick & McCloskey (1994) und Fitzpatrick, Rogers & McCloskey (1994) fanden heraus, dass das propriozeptive System eine entscheidende Rolle bei der Gleichgewichtskontrolle im Stand beinhaltet. Bei ihren Tests schlossen sie die Informationsquellen des visuellen, vestibulären und kutanen Systems aus. Trotzdem konnten die Probanden den Stand kontrolliert aufrechterhalten. Mit Hilfe der propriozeptiven Informationsquelle kann das Standgleichgewicht gesichert werden, auch wenn andere sensorische Systeme nicht mehr verfügbar sind. Durch die Informationsbereitstellung der Muskelspindeln, der Golgi-Sehnen Organe und der Gelenkrezeptoren wird das Stehen organisiert, kontrolliert und reguliert.

Bergin, Bronstein, Murray, Sancovic & Zeppenfeld (1995) konnten anschliessend zeigen, dass sich die posturalen Schwankungen eines Menschen erhöhen, wenn ihm die propriozeptiven Informationen entzogen werden.

Die drei Informationsbereitstellungen des somatosensorischen Systems, die Gruppen Ia- und II-Afferenzen der Muskelspindeln und die Gruppe Ib-Afferenzen der Golgi-Sehnen Organe, ermöglichen das Stehen (Taube & Gollhofer, 2012, S. 256). Nardone et al. (2000) und Nardone, Galante, Lucas & Schieppati (2001) zeigten durch Beobachtungen, dass vor allem die II-Afferenzen bei der ungestörten Standregulation eine dominierende Rolle spielen.

Bei der Gleichgewichtskontrolle während des Standes spielen neben den Muskelspindeln des Fusses, auch die des Nackens eine wichtige Rolle (Childs, Cleland, Elliott, Teyhen, Wainner et al., 2008). Mehrere Studien (z.B. Jull, Falla, Treleaven, Hodges & Vincenzino, 2007; Revel, Minguet, Gregory, Vaillant & Manuel, 1994) konnten zeigen, dass Trainingsinterventionen mit Übungen für die Koordination der Nackenmuskulatur eine gleichzeitige Verminderung der Körperschwankungen bewirkte.

Goble, Coxon, Wenderoth, Van & Swinnen konnten 2009 zeigen, dass die Propriozeption bei älteren Personen abnimmt. Die Resultate dieser Studie, die Abnahme der Propriozeption, gleichen denen der posturalen Gleichgewichtskontrolle (Lord, Clark &

Webster, 1991). Bei älteren Personen nehmen die Körperschwankungen zu und die Kontrolle des Gleichgewichts nimmt ab.

Taube et al. (2008) zeigten, dass eine Interaktion zwischen dem somatosensorischen und dem visuellen System stattfindet. Verändert sich die visuelle Information, dann modifiziert sich auch der entsprechende Reflex.

3.1.5 Auditive Informationen

Bei der Gleichgewichtskontrolle und der Standregulation bedient sich der Körper an einer weiteren Informationsressource, der auditiven Wahrnehmung. Diese Sinneswahrnehmung beeinflusst die Standorganisation jedoch weit weniger als die visuellen, vestibulären, taktilen oder propriozeptiven Systeme und deren Interaktion (Burnel, 2012, S. 7). Der Beitrag der auditiven Wahrnehmung an der Organisation des Standgleichgewichts wird aktuell noch diskutiert (Caudron, 2010, Chapitre 2.1.5).

Tanaka, Kojima, Takeda, Ino & Ifukube (2001) untersuchten, inwiefern die auditiven Stimuli die Standstabilität bei gesunden Erwachsenen unterschiedlichen Alters beeinflussen. Das Probandenkollektiv wurde dabei in zwei Alterskategorien (Durchschnittsalter 21.9 und 68.9 Jahre) unterteilt. Mithilfe einer Druckmessplatte wurden die Körperschwankungen der Probanden in der Romberg-Position aufgenommen. Auf der Höhe der Ohren liessen sie einen Ton abspielen, der von links nach rechts oder umgekehrt erklang. Um den visuellen Effekt auf die Standkontrolle zu bestimmen, wurden Messungen mit geschlossenen und geöffneten Augen durchgeführt. Ein auditiver Stimulus von einem Ohr zum Anderen beeinflusst die Standorganisation in beiden Alterskategorien. Sobald den Probanden weitere Informationsquellen der Standregulation entzogen wurden, verstärkte dies den Einfluss der auditiven Inputs auf die Gleichgewichtskontrolle. Die ältere Gruppe wies gegenüber der jüngeren Gruppe erhöhte laterale Körperschwankungen auf beim Erklingen eines Tones.

Deviterne, Gauchard, Jamet, Vançon & Perrin (2005) untersuchten den Effekt einer Drehhørsimulation auf die posturale Gleichgewichtskontrolle bei über 60-jährigen Testpersonen. Den Probanden wurde während den Messungen der Körperschwankungen eine bedeutende und eine unbedeutende Nachricht vermittelt. Die unbedeutende Mitteilung beeinflusste die posturale Gleichgewichtskontrolle nicht. Hingegen konnte bei der Vermittlung der bedeutenden Nachricht eine Verbesserung bei der Gleichgewichtsstabilisation festgestellt werden.

3.2 Nutzen eines verbesserten posturalen Gleichgewichts

Die Gleichgewichtsfähigkeit wird der Gruppe der koordinativen Fähigkeiten zugeschrieben. Eine gute posturale Stabilitätskontrolle gehört zur Grundlage der meisten Sportarten. Die Standorganisation ist relevant für die Leistungssteigerung von Sportlern, aber auch zur Leistungsverbesserung von Athleten mit einem guten Ausgangsniveau.

Gollhofer, Granacher, Taube, Melnyk & Gruber (2006) liessen ihre Probanden ein sensomotorisches Training absolvieren. Durch das Gleichgewichtstraining auf instabilem Untergrund konnte dem Einfluss auf die Bewegungskontrolle und der Verletzungshäufigkeit nachgegangen werden. Sie fanden heraus, dass eine verbesserte Standstabilität vor allem für die prophylaktische Intervention, also für die Prävention und die Rehabilitation nützlich ist. Eine verbesserte posturale Gleichgewichtskontrolle unterstützt die Verletzungsprophylaxe und die Bewegungskontrolle.

Eine Gleichgewichtsamelioration ist jedoch nicht nur für Sportler ein wichtiger Faktor. Wie im Kapitel 3.1.4 erwähnt, konnten Lord et al. (1991) zeigen, dass die Gleichgewichtsfähigkeit im Alter abnimmt. Die Verschlechterung der posturalen Gleichgewichtskontrolle korreliert mit der Abnahme der Propriozeption. Auch die visuellen und vestibulären Informationen, sowie deren Interaktionen verschlechtern sich mit zunehmendem Alter. Ältere Personen geraten oft ins Schwanken und fühlen sich dadurch nicht mehr sicher. Der muskuläre Apparat, der die Schwankungen versucht auszugleichen, wird mit zunehmendem Alter schwächer. Die Muskelkraft nimmt ab und Ausgleichbewegungen, um Schwankungen entgegenzuwirken fallen zu langsam aus (Balance und Geschicklichkeit, online). Dadurch stürzen ältere Personen häufiger und sind deshalb verunsichert.

Die Lebensqualität bei älteren Personen wird von der Gleichgewichtsfähigkeit geprägt. Eine bessere Standstabilität wirkt im Alter präventiv gegen Zusammenstösse oder Stürze. Durch eine Verbesserung, kann diese Unsicherheit bei älteren Personen abnehmen und zu ihrem Wohlbefinden beitragen.

3.3 Biokeramisch beschichtete Kleider

Mehrere nicht publizierte Studien wurden zu biokeramisch beschichteten Kleidern bereits durchgeführt, eine davon im sportmedizinischen Institut FMSI von Turin (2009). Untersucht wurde die Auswirkung eines biokeramisch beschichteten T-Shirts

(SOLAR'RES) auf die Herzfrequenz, respiratorischen Werte sowie Milchsäure-Werte des Kapillarkreislaufes hinsichtlich einer aeroben, einer anaeroben Sportleistung und der anschliessenden Erholungsphase. Beim Labortest auf dem Laufband, bei einer aeroben Leistung, wurde eine Verbesserung der pulmonalen Ventilation, verbunden mit einer besseren Sauerstoffzufuhr und tieferen Kohlendioxidwerten festgestellt. Diese Messresultate weisen auf eine bessere physische Arbeitskapazität hin. Bei einer anaeroben Leistungserbringung wurde ebenfalls eine verbesserte pulmonale Ventilation festgestellt. In der Erholungsphase, nach einer physischen Anstrengung, konnte beim Tragen der Kleidung SOLAR'RES eine schnellere Stabilisierung der Milchsäure-Werte festgestellt werden.

In der nicht publizierten Studie von Mir (2008), unter der Betreuung von Mathieu und Durand wurde der Effekt von biokeramisch beschichteten Jacken des Unternehmens HT Concept auf die posturale Stabilität und das Gleichgewicht untersucht. Getestet wurden gesunde Probanden, ohne posturale Gleichgewichtsstörungen, die eine Placebo-Kleidung und eine biokeramisch beschichtete Kleidung trugen. Mithilfe einer Gleichgewichtsplattform und einer Testkabine konnte festgestellt werden, dass die Kleidungsart keinen Einfluss auf die Amplitude der Körperschwerpunktverschiebungen hat. Es konnten keine Auswirkungen der biokeramisch beschichteten Jacken auf das posturale Gleichgewicht festgestellt werden.

Burnel (2012), unter der Betreuung von Bresciani und Cian, hat in ihrer Masterarbeit die Auswirkungen einer biokeramisch beschichteten Kleidung (GOLD REFLECT'LINE®) auf das posturale Gleichgewicht untersucht. Getestet wurden 16 Probanden, die keine Gleichgewichtsstörungen aufweisen. Mithilfe einer Gleichgewichtsplattform wurden die Körperschwankungen des mittleren Belastungspunktes über der Fussunterstützungsfläche gemessen. Dabei wurden Messungen von einer biokeramisch beschichteten Kleidung vs. einer Placebo-Kleidung, offenen vs. geschlossenen Augen und mit vs. ohne einer Vibrationsstörung der Achillessehne gegenübergestellt. Beide Kleiderarten sind eng und liegen direkt an der Haut auf. Die Resultate ergaben, dass das Tragen einer biokeramisch beschichteten Kleidung bei geöffneten Augen, das posturale Gleichgewicht verbessert. Mit geöffneten Augen und einer vibratorischen Störung der Achillessehne findet man einen signifikant verbesserte Gleichgewichtskontrolle beim Tragen der biokeramisch beschichteten Kleidungsstücke. Bei geschlossenen Augen hingegen findet man keine signifikanten Unterschiede zwischen der Placebo-Kleidung und der biokeramisch beschichteten Klei-

dung. Bei einer Vibrationsstörung der Achillessehne und geschlossenen Augen findet man eine verbesserte Standstabilität beim Tragen der biokeramisch beschichteten Kleidung.

In der Masterarbeit von Gianocca (2013), betreut durch Bresciani, wurden ebenfalls biokeramisch beschichtete Kleider der Marke GOLD REFLECT'LINE® der Firma HT Concept untersucht. Dabei handelt es sich, wie bei der Arbeit von Burnel, um die Originalkleider, die eng am Körper anliegen. Der Effekt von den biokeramisch beschichteten Kleidern wurde bei Kunsturnern auf deren Stabilität im Handstand getestet. Die Probanden mussten für 5 Sekunden einen Handstand auf einer Gleichgewichtsplattform halten. Dazu wurden verschiedene Messwerte aufgenommen und analysiert. Es konnte festgestellt werden, dass sich das Tragen der biokeramisch beschichteten Kleider positiv auf die Verschiebungen des mittleren Belastungsschwerpunktes über der Handunterstützungsfläche auswirkt. Die Verschiebungsfläche konnte bei 85.71% der Testteilnehmer um 27.2% verringert werden. Auf der mediolateralen und anteroposterioren Achse konnten ebenfalls positive Effekte festgestellt werden.

In den vorangegangenen Studien wurden sowohl positive signifikante Auswirkungen von biokeramisch beschichteten Kleidern auf das posturale Gleichgewicht festgestellt, als auch keine signifikanten Unterschiede. Es wurden andere Kleidungsstücke getestet, andere Messmethoden und Auswertungsmethoden benutzt.

Durch das Verändern einer Komponente, der Elastizität der Kleider, wird in dieser Studie versucht, den unterschiedlichen Studienresultaten auf den Grund zu gehen.

3.4 Ziel und konkrete Fragestellung

Ziel der Studie war es zu bestimmen, ob das Tragen einer biokeramisch beschichteten Kleidung mit gelockerter Elastizität das posturale Gleichgewicht, bei Personen ohne neurologische Störungen oder posturalen Gleichgewichtsstörungen, verbessert.

Dazu wurde die folgende Hypothese aufgestellt:

Das Tragen einer gelockerten, biokeramisch beschichteten Kleidung der Linie GOLD REFLECT'LINE® bewirkt eine Verbesserung des posturalen Gleichgewichts bei Personen, die keine neurologischen oder posturalen Störungen aufweisen.

4 Methodik

4.1 Probanden

Getestet wurde ein Probandenkollektiv von 20 Studierenden der Universität Freiburg. Die Testpersonen meldeten sich freiwillig, um an der Studie teilzunehmen. Die Probanden bestätigten vor der Testdurchführung, dass sie weder neurologische Probleme, noch posturale Gleichgewichtsstörungen aufweisen. Aufgrund eines Defektes der Gleichgewichtsplattform konnten nur 18 Personen getestet werden. Die Probanden nahmen weder an einem spezifischen Training noch an intensiven Sportprogrammen teil.

Bei der ausgewerteten Probandengruppe handelte es sich um 8 weibliche und 10 männliche Teilnehmer. Die Werte der einzelnen Kandidaten bezüglich Alter, Geschlecht, Körpergrösse, Körpergewicht, BMI und individuellen Testinformationen befinden sich im Anhang in der Tabelle 3. Die Probanden waren zwischen 21 und 31 Jahre alt (Durchschnittsalter: 25.17 ± 3.54 Jahre). Die Körpergrösse variierte zwischen 1.65 m und 1.87 m (durchschnittliche Körpergrösse: 1.74 ± 0.06 m) und das Körpergewicht zwischen 45 kg und 91 kg (durchschnittliches Körpergewicht: 68.39 ± 12.56 kg). Dies ergab einen durchschnittlichen Body Mass Index (BMI) von $22.56 \pm 3.2 \text{ kg} \times \text{m}^{-2}$ der zwischen den Werten $15.39 \text{ kg} \times \text{m}^{-2}$ und $26.02 \text{ kg} \times \text{m}^{-2}$ variierte. Eine Probandin war untergewichtig (BMI Testperson E: $15.39 \text{ kg} \times \text{m}^{-2}$).

4.2 Testmaterial

4.2.1 Gleichgewichtsplattform

Die Probanden wurden mithilfe einer feststehenden quadratischen Plattformkonstruktion (siehe Abbildung 1) getestet. Die Druckmessplatte wog 20 Kilogramm und liegt in jeder Ecke auf einem Gewichtssensor auf. Das Gewicht der Messplatte verteilt sich auf die vier Eckfühler. Die Platte wurde so eingestellt, dass ihr Gewicht gleichmässig auf allen Sensoren verteilt liegt. Kurz vor jedem Testdurchgang wurde mithilfe des Computerprogrammes die Gewichtsverteilung der Platte fixiert und auf null zurückgesetzt.

Die vier Sensoren nahmen in einer Frequenz von 100 Hertz die objektiven Messwerte zur Verlagerung des Körperschwerpunktes auf. Die Schwankungen des Körperschwerpunktes wurden über den Kraftangriffspunkt der Füße auf die Platte projiziert.

Bei den einzelnen Messungen wurden die kleinsten Körperverschiebungen aufgezeichnet, mittels eines Computerprogrammes ausgewertet und abgespeichert. Die metallische Oberfläche der Gleichgewichtsplatte fühlte sich kalt an. Aus diesem und vor allem aus hygienischen Gründen behielten die Probanden ihre Socken während den Messungen an.

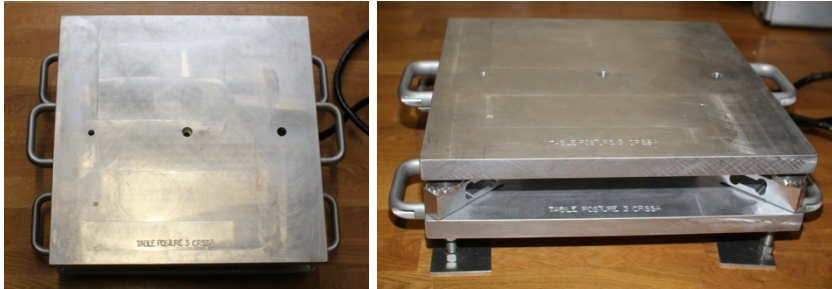


Abb. 1: Gleichgewichtsplattform

4.2.2 Mustervorlage für die Fussposition

Mithilfe einer Musterschablone (siehe Abbildung 2) wurde den Probanden die Fussstellung vorgegeben. Die Vorlage gibt einen Abstand von 2 cm zwischen beiden Fersen und eine offene Fussstellung von 30° vor. Während den Messungen wurde die Mustervorlage entfernt, die Testpersonen jedoch mussten die vorgegebene Fussposition beibehalten.



Abb. 2: Mustervorlage für die Position der Füße

4.2.3 Kleidungsstücke

Getestet wurden zwei unterschiedliche Arten von Kleidungen, die vom Unternehmen HT Concept zur Verfügung gestellt wurden. Verglichen mit der Originalkleidung, welche im Test nicht untersucht wurde, sind beide Kleiderarten weit und liegen nicht eng an der Haut des Probanden an. Die Elastizität der Originalkleidungsstücke wurde speziell für den Test gelockert.

Bei der einen Kleidungsart handelte es sich um einen biokeramisch beschichteten Stoff (B: siehe 3a), bei der Anderen um einen Placebo-Stoff ohne biokeramische Beschichtung (P: siehe Abbildung 3b). Beide Kleiderarten fühlten sich ähnlich an und gleichen sich in ihrer Form und Farbe. Die Kontrollkleidung P wog etwas mehr, als die biokeramisch beschichtete Kleidung B. Zudem war bei den biokeramisch beschichteten Kleidern eine Stoffmusterung erkennbar.



Abb. 3: Kleiderarten a) Biokeramische Beschichtung (B) b) Kontrollkleidung (P)

Eine Kleiderkombination bestand aus einer Hose und einem Hemd. Bei den Hosen hatten die Probanden die Wahl zwischen den Grössen 38, 40, 42, 44 und 46. Beim Oberteil standen ihnen die Grössen S, M, L und XL zur Verfügung.

Die Testpersonen wurden im Vorfeld der Messungen nicht über die Kleidungsstücke informiert. Sie wussten nicht, dass es sich bei einem Messdurchgang um ein Placebo-Kleidungsstück handelte. Die männlichen Testpersonen durften unter der Kleiderkombination die Unterhosen anbehalten. Die weiblichen Testpersonen durften unter der vorgegebenen Kleidung, zusätzlich zu den Unterhosen, auch den Büstenhalter tragen. Das Tragen von Unterhemden unter der Testkleidung war weder bei den weiblichen noch bei den männlichen Probanden erlaubt.

4.2.4 Testraum

Die Messungen wurden alle in demselben abgeschlossenen Raum durchgeführt. Die Gleichgewichtsplattform befand sich etwa 1.5 Metern von einer Wand entfernt.

Zur visuellen Orientierung wurde ein Kreuz aus Klebeband (siehe Abbildung 4) an der Wand befestigt. Das Kreuz diente mit seinen zwei visuellen Referenzachsen (horizontal und vertikal) der Stabilitätsamelioration der Probanden.



Abb. 4: Visuelle Umgebung

4.3 Testdurchführung

Vor den Messungen wurde jeder Proband über den Ablauf der Tests in Kenntnis gesetzt. Die Testpersonen erhielten keine Informationen bezüglich der beiden unterschiedlichen Kleidungsarten. Sie wussten nicht, dass es sich bei einer Kleidungskomposition um Placebo-Stoff handelte. Um sich über den Testablauf im Klaren zu sein, absolvierte jeder Teilnehmer eine erste Probemessung. Diese wurde nicht bei der Auswertung der Daten berücksichtigt. Nach Erhalt der Testinformationen, durfte sich der Proband umziehen.

10 Personen starteten den Versuch mit den biokeramisch beschichteten Kleider (B) und anschliessend den Placebo-Kleidungsstücken (P). 8 Personen starteten mit der Placebo-Kleidung zuerst und wechselten im Anschluss auf die biokeramisch beschichteten Kleidungen. Es wurde darauf geachtet, dass die Probanden bei beiden Kleidungskompositionen die gleichen Grössen in den Hemden und den Hosen trugen.

Vor Beginn der effektiven Testmessungen wurden die Sensoren der Gleichgewichtsplattform kalibriert und auf null eingestellt, damit die Platte auf allen vier Fühlern regelmässig verteilt liegt.

Damit die Testpersonen die Plattform in der richtigen Fussstellung betreten konnten, wurde die Mustervorlage jeweils im vornherein bereitgelegt. Der Proband positionier-

te sich gemäss der entsprechenden Vorlage auf der Messplatte. Die Testperson wurde aufgefordert die Fussstellung während der Messung beizubehalten, anschliessend wurde die Vorlage entfernt. Die Probanden sollten das, vor ihnen an der Wand markierte, Kreuz fixieren und versuchen möglichst still aufrecht zu stehen. Die Arme sollten sie locker am Körper hängen lassen. Die Testpersonen wurden vor jeder Messung gefragt, ob sie bereit sind. Nach seiner Bestätigung, einer Pause und der Kontrolle ob der jeweilige Proband still steht, wurde die Messung gestartet. Für jede Kleidungsart B und P wurden 5 Messungen durchgeführt (siehe Tabelle 1). Um korrekte Werte zu erhalten dauerte eine einzelne Messung 40 Sekunden lang an. Eine längere Dauer würde sich, aufgrund einer möglichen Muskelermüdung, negativ auf die Resultate auswirken. Zwischen den einzelnen Messungen erhielten die Probanden die Möglichkeit sich für eine Minute zu erholen (stehend oder sitzend). Um die Auswirkungen einer muskulären Ermüdung auf das Testresultat zu vermeiden, wurde nach 5 Messungen eine 10 minütige Pause eingelegt. In dieser Pause wechselten die Probanden die Kleider und setzten sich anschliessend hin. Ein gesamter Testdurchlauf dauerten pro Proband etwa 35 Minuten.

Tab. 1: Verlaufsplanung der Messungen

Information an die Probanden	Testmessung	40 s
Unterschreiben der Einverständniserklärung		
Anziehen der ersten Kleidungsart		
Biokeramische Beschichtung - B (Proband A, C, E, G, I, J, L, N, P, R) Placebo - P (Proband B, D, F, H, K, M, O, Q)	Messung 1	40 s
	Pause	1 min
	Messung 2	40 s
	Pause	1 min
	Messung 3	40 s
	Pause	1 min
	Messung 4	40 s
	Pause	1 min
	Messung 5	40 s
Kleiderwechsel	Pause	10 min
Placebo - P (Proband A, C, E, G, I, J, L, N, P, R) Biokeramische Beschichtung - B (Proband B, D, F, H, K, M, O, Q)	Messung 6	40 s
	Pause	1 min
	Messung 7	40 s
	Pause	1 min
	Messung 8	40 s
	Pause	1 min
	Messung 9	40 s
	Pause	1 min
	Messung 10	40 s
Ende der Messungen		

4.4 Statistische Versuchsplanung

4.4.1 Unabhängige Variable

Geprüft wurden zwei kategoriale Einflussfaktoren, die Kleiderart und die Reihenfolge der durchgeführten Messungen, mit je zwei Abstufungen.

Die Kleidungsarten wurden in zwei Niveaus unterteilt, die biokeramisch beschichteten Textilien (Kleiderkombination B, siehe Abbildung 3a) und der Placebo-Stoff bzw. die Kontrollkleidung ohne spezielle Faserung (Kleiderkombination P, siehe Abbildung 3b). Beide Kleider liegen nicht eng auf der Haut des Probanden an, so dass kein Kompressionseffekt entstehen konnte. Die nominalskalierte Einflussgrösse besteht somit aus zwei voneinander abhängigen Stufen B und P.

Für beide Kleidungstypen (B oder P) wurden je 5 Messungen durchgeführt. Daraus ergab sich der zweite Einflussfaktor, der Reihenfolge der Messdurchgänge. Der Faktor wurde in zwei Niveaus, den Messungen 1-5 (First) und den Messungen 6-10 (Second) unterteilt.

Neben diesen zwei Faktoren wurde deren Interaktionseffekt ermittelt. Der gemeinsame Einfluss bzw. die Wechselwirkung der Kleiderart und der Reihenfolge der Messdurchgänge wurden berücksichtigt.

4.4.2 Abhängige Variablen

Bei jeder Messung wurden während 40 Sekunden mehrere metrische Zielgrössen registriert. Bei den abhängigen Variablen wurden „Length“, „Length LR“, „Length FR“, „Surface 90“, „Surface 99“, „Range LR“ und „Range FR“ untersucht.

Der Messwert „Length“ zählt die Distanzen zwischen den aufeinanderfolgenden 4000 (40 Sekunden x 100 Hz) Positionen des Körperschwerpunktes zusammen. Er gibt die Summe der Verschiebungen des Körperschwerpunktes über den Kraftangriffspunkt der Füße von einer Position zur Nächsten wieder. Je kleiner der Wert der zurückgelegten Distanz in Millimeter ist, desto kleiner sind die Schwankungen des Körperschwerpunktes über dem Druckpunkt der Füße. Je kleiner der Wert der Variable „Length“ ausfällt, desto besser ist das posturale Gleichgewicht des Probanden.

Die Variable „Length LR“ (length left-right) misst die Summe der Verschiebungen von aufeinanderfolgenden Kraftangriffspunkten der Füße auf der x-Achse. Gemessen werden also die Schwankungen des Körperschwerpunktes längs der mediolateralen Körperachse. Hingegen werden bei der Variable „Length FR“ (length forward-rearward) die Verschiebungen der einzelnen Belastungspunkte der Fussunterstüt-

zungsfläche längs der y-Achse summiert. Somit werden die Schwankungen des Körperschwerpunktes in Richtung der anteroposterioren Achse gemessen.

Bei den Variablen „*Surface 90*“ und „*Surface 99*“ handelt es sich um die Fläche, in der 90% bzw. 99% der gesamten Kraftangriffspunkte der Füße liegen. Der Messwert zeigt die Standardabweichung und die Streuung von den aufeinanderfolgenden Auflagepunkten der Füße, die in einem Vertrauensraum von 90% bzw. 99% selektiert wurden. Ein kleinerer Wert beweist, dass der Proband eine präzisere und effizientere posturale Standkontrolle besitzt.

Die Messwerte „*Range LR*“ (range left-right) und „*Range FR*“ (range forward-rearward) beschreiben den Schwankungsbereich der Probanden längs der mediolateralen bzw. anteroposterioren Körperachse. Die Werte geben die maximale Spannweite des Auflagepunktes der Füße auf der x- bzw. y-Achse der Gleichgewichtsmessplatte an.

4.4.3 Kontrollvariablen

Wie im Kapitel 3.1 dokumentiert wird die Kontrolle des Gleichgewichts im Stand von mehreren Faktoren beeinflusst. Darunter befinden sich einige Variablen, die bei den Messungen bewusst kontrolliert wurden.

Die Messungen wurden immer im gleichen Raum durchgeführt, damit alle Probanden dieselben visuellen Anhaltspunkte erhalten. Die visuelle Umgebung, wie z.B. das Kreuz an der Wand, veränderte sich während der gesamten Testphase nicht. Die Probanden wurden dazu aufgefordert, während den Messungen das Kreuz an der gegenüberliegenden Wand zu fixieren. Die Position der Gleichgewichtsplattform im Raum und somit der Abstand zu den Wänden war bei jedem Testdurchgang identisch.

Durch die kutanen Rezeptoren des Fusses erhält der Mensch eine somatosensorische Rückmeldung, die für die Standkontrolle hilfreich ist. Die Probanden trugen während den Tests keine Schuhe, damit die taktile plantare Empfindung nicht negativ beeinflusst wird. Aus hygienischen Gründen durften die Testpersonen ihre Socken anbehalten. Dies benachteiligt den Effekt der somatosensorischen Rückmeldung über das Fussgewölbe nur in einem kleinen Ausmass.

Die Fussstellung kann die Organisation des Standgleichgewichts favorisieren oder stören. Darum wurde bei jedem Versuch die Fussposition mithilfe einer Schablone vorgegeben und vor der jeweiligen Messung kontrolliert.

Die Testpersonen wurden vor der Messung gebeten, sich aufrecht auf die Gleichgewichtsplatte hinzustellen. Die Arme sollten sie dabei locker am Körper hängend in einer natürlichen Position halten.

Damit die auditiven Informationen nicht den ungestörten Stand beeinflussten, wurden die Tests in einem ruhigen Raum durchgeführt. Bei der Vorkommnis eines auditiven Störfaktors würde die Messung wiederholt werden. Dies war bei keinem der Testversuche der Fall.

Um einem möglichen Lerneffekt entgegenzuwirken, wurde bei den Probanden jeweils die Reihenfolge der biokeramisch beschichteten Kleidung und der Kontrollkleidung getauscht. Die Testresultate wurden entsprechend der Reihenfolge der Kleidungsstücke analysiert und allfällige Verbesserungen aufgrund der Reihenfolge ausgeschlossen.

Damit kein Ermüdungseffekt entstehen kann, wird während den einzelnen Versuchen eine Pause von einer Minute eingelegt. Zusätzlich müssen die Probanden nach der 5. Messung sitzend eine 10 minütige Erholungspause einlegen.

4.5 Statistische Auswertung

Die Datenauswertung erfolgte mit der statistischen Software R. Zur Kontrolle und für weitere Berechnungen und Grafiken wurde zusätzlich das Tabellenkalkulationsprogramm Excel benutzt.

Mit einer einfachen Varianzanalyse (einfaktorielle ANOVA) konnten die Gesetzmäßigkeiten zwischen der unabhängigen Variable der Kleidungsart und den abhängigen Variablen ermittelt werden. Da es sich bei dieser Analyse um eine einfaktorielle ANOVA mit zwei Gruppen handelt, ist sie äquivalent zum t-Test. Durch eine anschließende manuelle Betrachtung der individuellen Messresultate konnte ein Effekt aufgrund der Reihenfolge der getragenen Kleiderarten vermutet werden.

Um diesen Effekt zu untersuchen, wurde eine weitere Analyse mit einem 2*2-Versuchsplan durchgeführt. Bei der zweifaktoriellen Varianzanalyse werden die Unterschiede zwischen den Gruppenmittelwerten, individuellen Werten und dem Gesamtmittelwert quadriert und summiert. Zur Varianz die auf den Faktor der Kleiderart zurückzuführen ist, wird die Varianz auf die Reihenfolge der Messungen bestimmt. Zusätzlich wird die Varianz, die auf den Interaktionswert bzw. die Wechselwirkung der beiden Einflussfaktoren zurückgeht, ermittelt.

Um eine ANOVA durchzuführen müssen die Daten unabhängig sein, und die Variablen normalverteilt. Die Stichprobe muss zufällig ausgewählt werden, damit kein Treatment-Effekt entstehen kann. Zudem gilt als weitere Voraussetzung, dass die Varianz zwischen den Gruppen homogen sein muss. In den Gruppen muss die gleiche Stichprobengröße vorkommen. Die Varianzanalyse ist gegenüber Verletzungen der Voraussetzungen relativ robust.

Getestet wurde, ob die Mittelwerte der biokeramisch beschichteten Kleidungsstücke sich von denen der Kontrollkleidung signifikant unterscheiden oder nicht. Zusätzlich wird ein möglicher Reihenfolgeeffekt untersucht, indem die Mittelwerte der ersten 5 Messungen mit denen der letzten 5 verglichen werden. Mithilfe der zweifaktoriellen ANOVA wurde der Interaktionseffekt „Kleiderart:Reihenfolge“ ermittelt.

Die Resultate unterscheiden sich signifikant, wenn der erforderliche Signifikanzgrenzwert von $p < 0.05$ erfüllt wird.

5 Resultate

Bei keiner der abhängigen Variablen konnte ein signifikanter Unterschied zwischen der biokeramisch beschichteten Kleidungsart (B) und der Kontrollkleidung (P) festgestellt werden. Hingegen wirkt sich die Reihenfolge der Messungen signifikant auf die Variablen „Length“, „Length LR“ und „Length FR“ aus. Es existiert kein Interaktionseffekt zwischen der Kleiderart und der Messreihenfolge, der bei den abhängigen Variablen das Signifikanzniveau erreichte.

Die einzelnen Mittelwerte zu den Kleiderarten, der Reihenfolge und der Interaktion „Kleiderart:Reihenfolge“ werden im Anhang in den Tabellen 4, 5 und 6 aufgeführt. Die erhaltenen F- und p-Werte sind in der untenstehenden Tabelle 2 ersichtlich. Im Anhang befinden sich in den Tabellen 7 und 8 die detaillierten individuellen Testresultate der einzelnen Messungen (jeweils 5 pro Proband und pro Kleidungsart).

Tab. 2: F- und p-Werte (Kleiderart, Reihenfolge und Kleiderart:Reihenfolge)

Messwert	F(1,16)			p-Wert		
	Kleiderart	Reihenfolge	Kleiderart: Reihenfolge	Kleiderart	Reihenfolge	Kleiderart: Reihenfolge
Length (in mm)	1.0266	25.3916	0.3064	0.3260	0.0001***	0.5875
Length LR (in mm)	0.2007	14.8390	0.0098	0.6602	0.0014**	0.9224
Length FR (in mm)	0.7344	14.1159	0.5670	0.4041	0.0017**	0.4624
Surface 90 (in mm ²)	0.0148	0.1577	0.0174	0.9046	0.6966	0.8968
Surface 99 (in mm ²)	0.0148	0.1577	0.0174	0.9046	0.6965	0.8968
Range LR (in mm)	0.5020	0.0518	1.2780	0.4888	0.8228	0.2749
Range FR (in mm)	0.0000	0.4362	0.2986	0.9971	0.5183	0.5923

Die Abbildungen 22 bis 26 im Anhang beinhalten die Resultate der abhängigen Variablen, bezüglich der unabhängigen Variablen in Form von Boxplots. Zusätzlich wurde beobachtet, wie sich die Resultate bei manueller Entfernung der Ausreisser verändern. Die Werte sind im Anhang in den Abbildungen 22b, 24b und 25b aufgeführt. Die Auswertung führte zu ähnlichen Resultaten wie die eigentliche Analyse ohne Entfernung der Ausreisser. Darum werden die Resultate der Analyse ohne die Ausreisser nicht weiter ausgeführt und diskutiert.

Die Resultate der Analyse verändern sich kaum, wenn man die Messwerte der untergewichtigen Probandin E (BMI: 15.389 kg×m⁻²) entfernt. Daher wird im Folgenden ebenfalls auf die Auswertung dieser Analyse verzichtet.

5.1 Variable „Length“

Bei der Variable „Length“ (siehe Abbildung 5) gibt es keine signifikante Differenz der beiden Kleiderarten B und P [$F(1,16)=1.0266$, $p>0.05$ (0.326)]. Der Mittelwert der Messgrösse „Length“ ist beim Tragen der biokeramisch beschichteten Kleidung (B: 370.947 mm) kleiner als bei der Kontrollkleidung (P: 375.616 mm). Die Probanden weisen eine leicht verbesserte Stabilitätskontrolle beim Tragen der Kleidung B auf. Die Schwankungen des Körperschwerpunktes über dem Druckpunkt der Füsse sind beim Tragen der Kleider B kleiner. Mit einer Differenz von 4.669 mm ist dieser Unterschied klein und erreicht mit $p=0.326$ das Signifikanzniveau von $p<0.05$ nicht. Da beide Varianzschätzungen ähnlich sind, liegt der F-Wert nahe um den Wert 1.

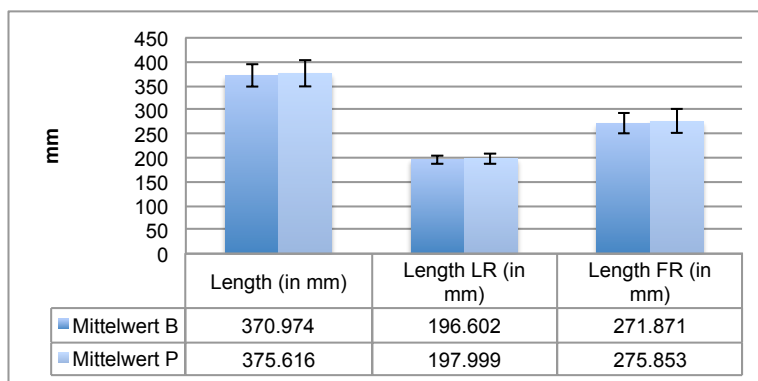


Abb. 5: Mittelwerte (B und P): „Length“, „Length LR“ und „Length FR“

Betrachtet man die individuellen Mittelwerte der Variable „Length“ (siehe Abbildung 6) fällt auf, dass die als zweite getragene Kleidungsart einen tieferen Wert aufweist. Die Summe der Verschiebungen des Körperschwerpunktes über den Kraftangriffspunkt der Füsse nimmt bei den meisten Probanden bei den Testversuchen 6-10 ab. Einzig beim Proband 17 existiert dieser Effekt aufgrund der getragenen Reihenfolge nicht.

Die Resultate der Varianzanalyse bestätigen diese Beobachtung. Die Reihenfolge der Messdurchgänge wirkt sich signifikant auf die abhängige Variable „Length“ aus [$F(1,16)=25.3916$, $p<0.05$ (0.000121)]. Der hohe F-Wert besagt, dass sich die Gruppenmittelwerte signifikant unterscheiden, was in der Abbildung 7 ersichtlich ist. Der Mittelwert der ersten 5 Messungen (384.509 mm), verglichen mit dem Mittelwert der Messungen 6-10 (362.08 mm), weist einen um 22.429 mm erhöhten Wert der Körperschwankungen auf. Vergleicht man die ersten 5 Messungen mit den darauffolgenden Messdurchgängen, ist eine Verbesserung des posturalen Gleichgewichts erkennbar.

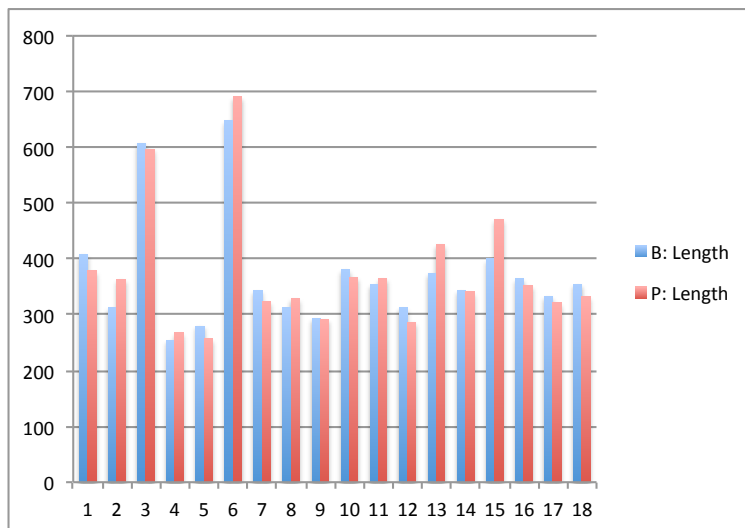


Abb. 6: Individuelle Mittelwerte (B und P): "Length" in mm

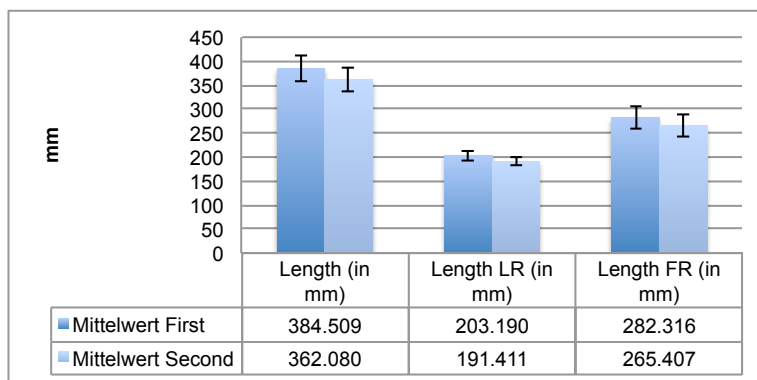


Abb. 7: Mittelwerte (First und Second): "Length", "Length LR" und "Length FR"

Die Interaktion der Kleiderart und der Reihenfolge der Messungen [$F(1,16)=0.3064$, $p>0.05$ (0.5875)] wirkt sich nicht signifikant auf die summierten Distanzen des Körperschwerpunktes aus. Bezüglich der abhängigen Variable „Length“ besteht keine signifikante Wechselwirkung der beiden Einflussfaktoren. Die Mittelwerte der jeweiligen Stichproben sind in der Abbildung 8 ersichtlich.

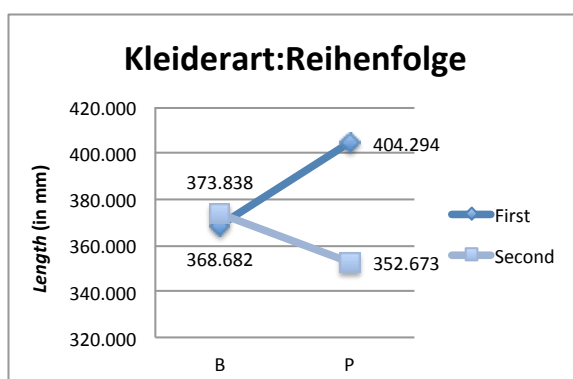


Abb. 8: Interaktionseffekt: „Length“

5.2 Variable „Length LR“ und „Length FR“

Ein ähnliches Resultat, wie bei der Variable „Length“, spiegelt sich in den Messwerten „Length LR“ und „Length FR“ (siehe Abbildung 5) wieder. Bei den Werten von „Length LR“ gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Kleidungsarten B und P [$F(1,16)=0.2007$, $p>0.05$ (0.6602)]. Bei den Werten von „Length FR“ existiert keine signifikante Differenz zwischen den zwei Stufen des Einflussfaktors B und P [$F(1,16)=0.7344$, $p>0.05$ (0.4041)]. Die Mittelwerte der Summe der Verschiebungen längs der x-Achse (B: 196.602 mm, P: 197.999 mm) und längs der y-Achse (B: 271.871 mm, P: 275.853 mm) unterscheiden sich nur minim. Der durchschnittliche Wert beim Tragen der Kleiderart B ist jeweils tiefer und zeigt verringerte Verschiebungen der aufeinanderfolgenden Kraftangriffspunkte der Füße auf. Diese Verschiebungen in Richtung der mediolateralen und anteroposterioren Körperachse erreichen das Signifikanzniveau beim Tragen der Kleiderarten B und P nicht.

Beim Betrachten der individuellen Durchschnittswerte der Variable „Length LR“ (siehe Abbildung 9) nehmen die Schwankungen des Körperschwerpunktes längs der mediolateralen Achse bei den Testdurchgängen 6-10 ab. Nur bei den Testpersonen 3, 7, 9, 11 und 17 ist dies nicht der Fall. Mit Ausnahme des Probanden 11, sind jeweils die Schwankungen beim Tragen der biokeramisch beschichteten Kleider tiefer.

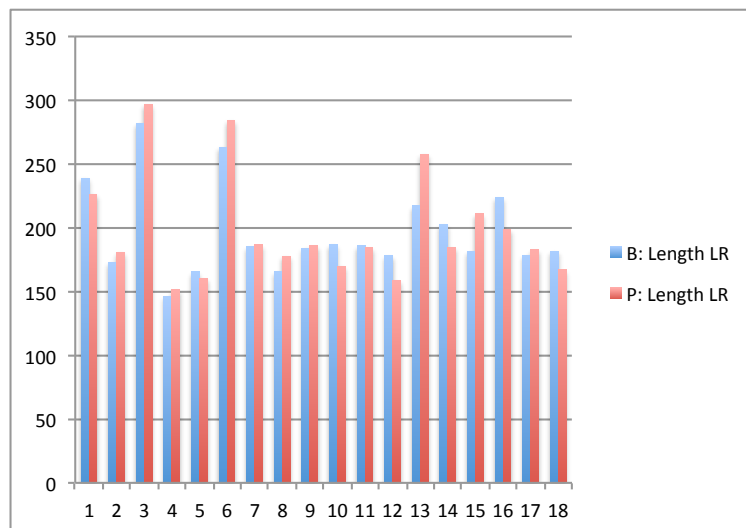


Abb. 9: Individuelle Mittelwerte (B und P): „Length LR“ in mm

Bei der Variable „Length FR“ ist ein ähnliches Resultat in der Abbildung 10 ersichtlich. Unabhängig der getragenen Reihenfolge der Kleiderart erreichen die Probanden im zweiten Testteil (Messungen 6-10), eine verringerte Schwankung längs der an-

teroposterioren Körperachse. Proband 14 und 16 bilden die einzige Ausnahme. Sie weisen tiefere Körperschwankungen beim ersten Testteil (Messungen 1-5) beim Tragen einer biokeramisch beschichteten Kleidung auf.

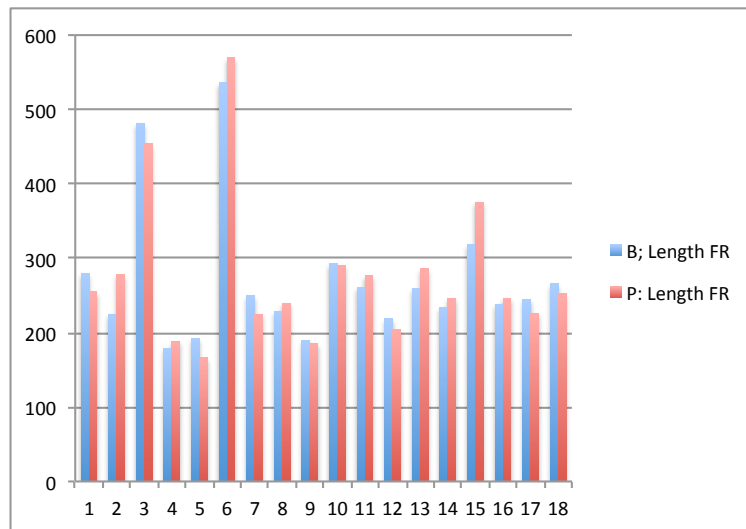


Abb. 10: Individuelle Mittelwerte (B und P): „Length FR“ in mm

Die Analyse des Einflussfaktors der Reihenfolge bestätigen diese Vermutungen. Die Reihenfolge der durchgeführten Tests beeinflussen die Schwankungen des Körperschwerpunktes längs der mediolateralen Achse signifikant [$F(1,16)=14.839$, $p<0.05$ (0.001409)]. Der Mittelwert der ersten 5 Messdurchgänge liegt mit 203.19 mm deutlich über dem Mittelwert der letzten 5 Messungen von 191.411 mm (siehe Abbildung 7). Die Reihenfolge der durchgeführten Messungen beeinflusst die abhängige Variable „Length LR“ signifikant.

Auch die Schwankungen des Körperschwerpunktes in Richtung der anteroposterioren Achse unterscheiden sich signifikant [$F(1,16)=14.1159$, $p<0.05$ (0.001722)]. In der Abbildung 7 sind die Mittelwerte der Variablen „Length FR“ ersichtlich. Bei den Messungen 1-5 wurde ein Mittelwert von 282.316 mm erreicht. Dieser liegt 16.909 mm über dem Mittelwert der Messdurchgänge 6-10 (265.407 mm). Die Verschiebungen der einzelnen Belastungspunkte der Fussunterstützungsfläche werden signifikant von der Reihenfolge der durchgeführten Messungen beeinflusst.

Es besteht kein signifikanter Effekt aufgrund der Wechselwirkung der beiden Einflussgrößen, sowohl bei der Variable „Length LR“ [$F(1,16)=0.0098$, $p>0.05$ (0.9224)], als auch bei der Variable „Length FR“ [$F(1,16)=0.567$, $p>0.05$ (0.4624)]. Die Unterschiede der einzelnen Gruppenmittelwerte (siehe Abbildung 11) erreichen den Signifikanzgrenzwert von $p<0.05$ nicht.

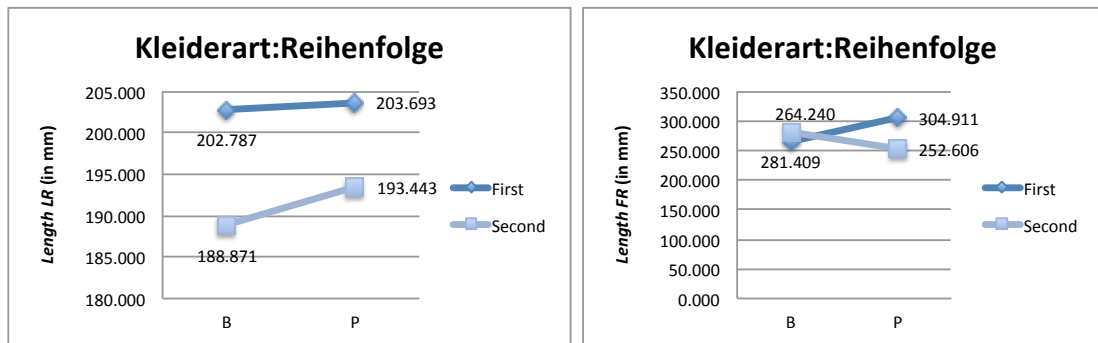


Abb. 11: Interaktionseffekt: a) „Length LR“ b) „Length FR“

5.3 Variable „Surface 90“ und „Surface 99“

In der Vertrauensfläche von 90%, sowie 99% der gesamten Kraftangriffspunkte der Füße, ist der Unterschied zwischen den Kleiderarten B und P nicht signifikant [$F(1,16)=0.0148$, $p>0.05$ (0.9046)]. Die Mittelwerte der Flächen („Surface 90“ B: 158.097 mm², P: 159.463 mm² und „Surface 99“ B: 363.521 mm², P: 366.661 mm²) unterscheiden sich um wenige Quadratmillimeter (siehe Abbildung 12). Der kleinere Mittelwert besitzt jeweils die Kleiderart B. Dies zeigt, dass die Probanden eine präzisere und effizientere posturale Standkontrolle aufweisen, wenn sie ein biokeramisch beschichtetes Kleidungsstück tragen. Diese Differenz erreicht das Signifikanzniveau von $p<0.05$ jedoch nicht.

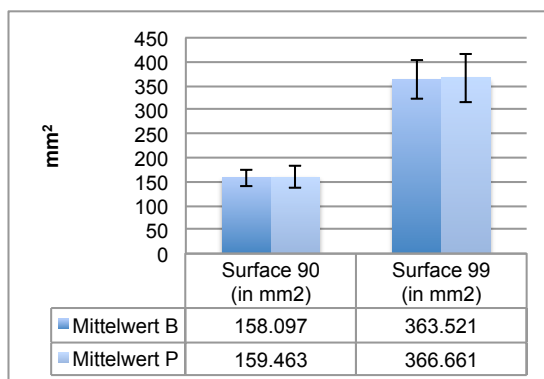


Abb. 12: Mittelwerte (B und P): „Surface 90“ und „Surface 99“

Ein ähnlicher Effekt wie bei den Variablen „Length“, „Length LR“ oder „Length FR“ der aufgrund der Testreihenfolge beobachtbar ist, fällt beim Betrachten der individuellen Durchschnittswerte der Variablen „Surface 90“ und „Surface 99“ (siehe Abbildungen 13 und 14) nicht auf.

Die Analyse des Faktors der Reihenfolge bestätigen die Beobachtungen der individuellen Werte. Die Mittelwerte (siehe Abbildung 15) der Abstufungen „First“ und „Se-

cond“ unterscheiden sich nicht signifikant [$F(1,16)=0.1577$, $p>0.05$ (0.6965)] bei den Variablen „Surface 90“ und „Surface 99“.

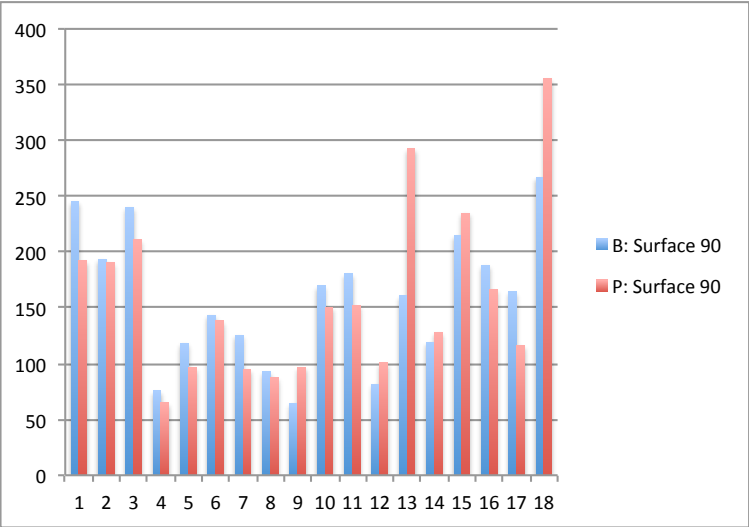


Abb. 13: Individuelle Mittelwerte (B und P): "Surface 90" in mm²

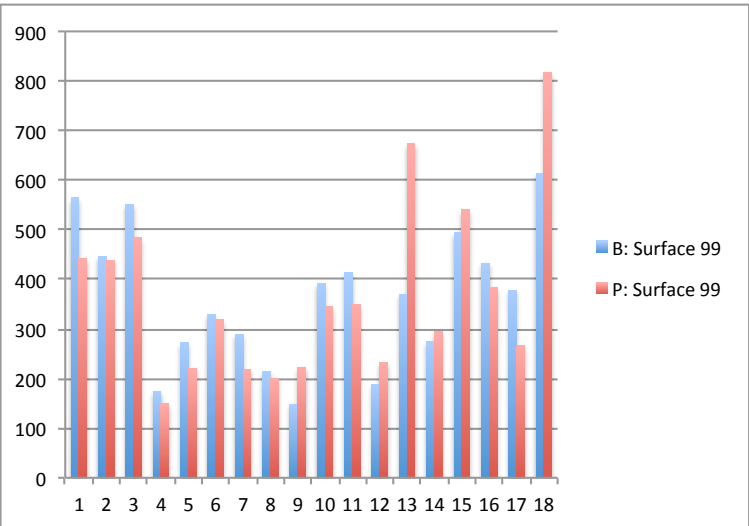


Abb. 14: Individuelle Mittelwerte (B und P): "Surface 99" in mm²

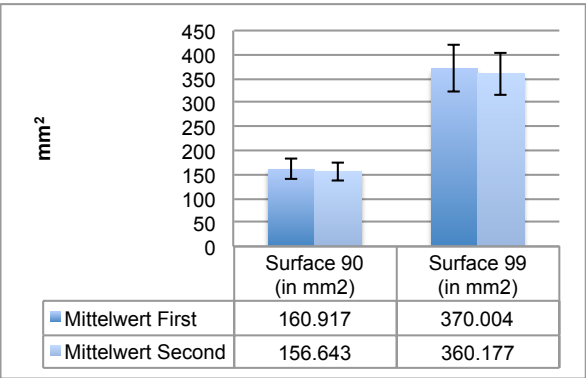


Abb. 15: Mittelwerte (First und Second): „Surface 90“ und „Surface 99“

Die Mittelwerte (siehe Abbildung 16) der vier Stichproben unterscheiden sich bei den Variablen „Surface 90“ und „Surface 99“ nicht signifikant voneinander [$F(1,16)=0.0174$, $p>0.05$ (0.8968)]. Bei der Standardabweichung und der Streuung der aufeinanderfolgenden Auflagepunkte der Füße, im Vertrauensintervall von 90% bzw. 99%, besteht kein signifikanter Interaktionseffekt der Kleiderart und der Reihenfolge der Messungen.

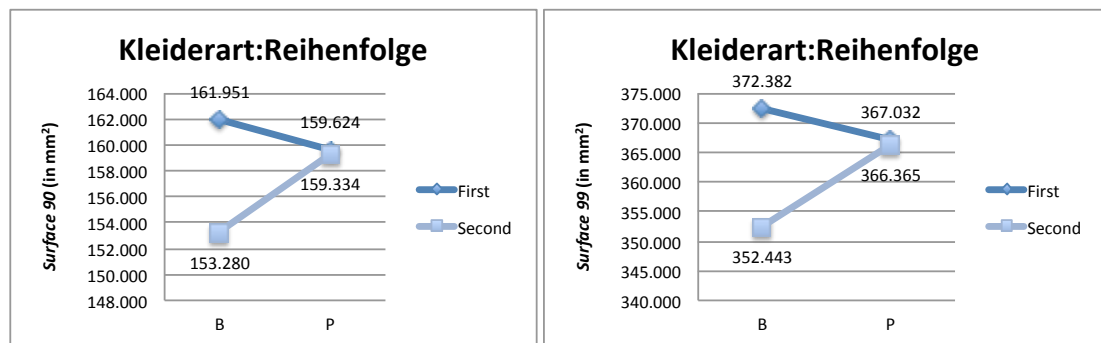


Abb. 16: Interaktionseffekt: a) „Surface 90“ b) „Surface 99“

5.4 Variable „Range LR“ und „Range FR“

Zwischen der Kleiderarten B und P gibt es keine signifikante Differenz der maximalen Spannweite auf der x-Achse [$F(1,16)=0.502$, $p>0.05$ (0.4888)]. Die Mittelwerte der Variable „Range LR“ (siehe Abbildung 17) unterscheiden sich kaum für die Kleiderart B (13.828 mm) und P (13.509 mm). Die Spannweite der Auflagepunkte der Füße ist bei der Kontrollgruppe, also beim Tragen der Placebo-Kleider, sogar tiefer. Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen B und P ist jedoch minim und nicht signifikant.

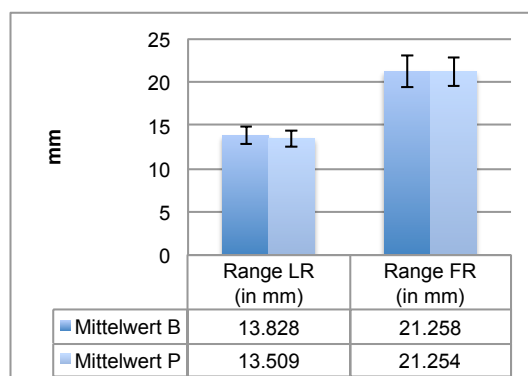


Abb. 17: Mittelwerte (B und P): „Range LR“ und „Range FR“

Auch bei den Messwerten „Range FR“ (siehe Abbildung 17) existiert nur eine kleine Differenz der Mittelwerte (B: 21.258 mm, P: 21.254). Es kann keine signifikante Un-

terscheidung zwischen der Spannweite auf der y-Achse der beiden Kleiderarten P und B festgestellt werden [$F(1,16)=0$, $p>0.05$ (0.9971)].

Beim Vergleich der individuellen Durchschnittswerte der Variablen „Range LR“ und „Range FR“ (siehe Abbildungen 18 und 19) sind keine Regelmässigkeiten aufgrund der Reihenfolge der getragenen Kleidungsarten erkennbar.

Die Varianzanalyse bestätigt, dass sich die Resultate des Einflussfaktors der Reihenfolge, sowohl für die abhängige Variable „Range LR“ [$F(1,16)=0.0518$, $p>0.05$ (0.8828)], aber auch für „Range FR“ [$F(1,16)=0.4362$, $p>0.05$ (0.5183)], nicht signifikant unterscheiden. Die Gruppenmittelwerte „First“ und „Second“ sind in der Abbildung 20 aufgeführt.

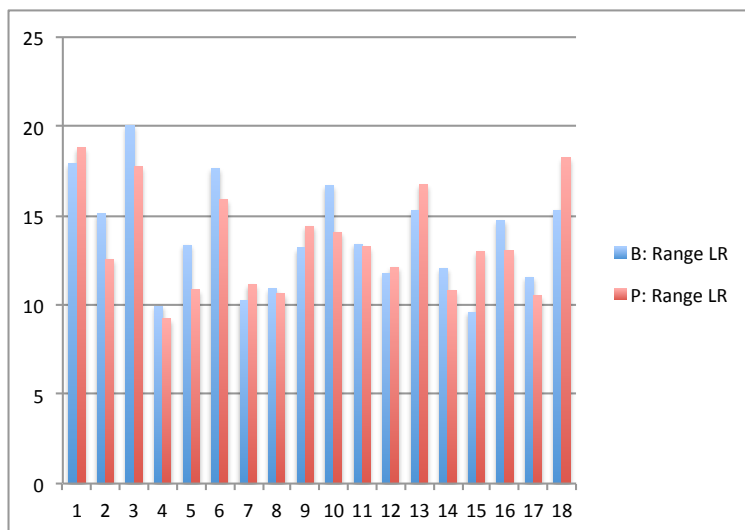


Abb. 18: Individuelle Mittelwerte (B und P): „Range LR“ in mm

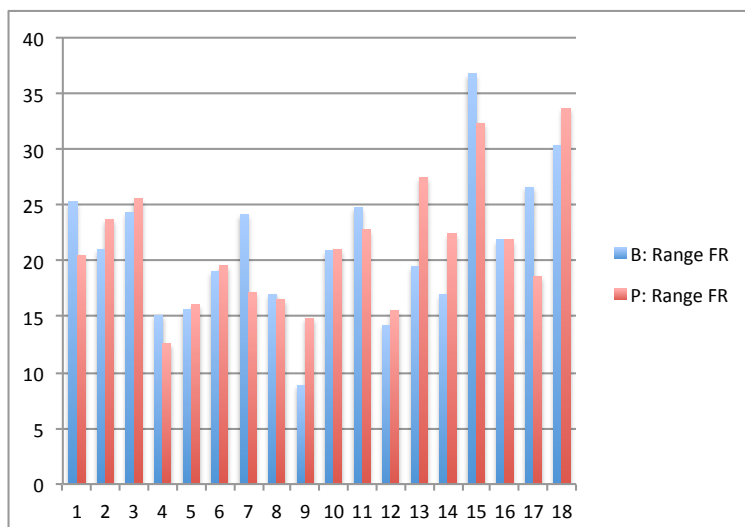


Abb. 19: Individuelle Mittelwerte (B und P): „Range FR“ in mm

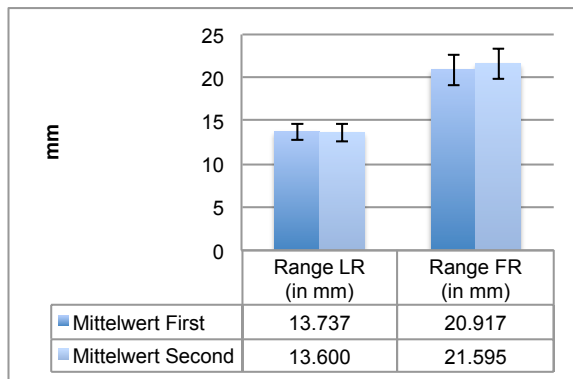


Abb. 20: Mittelwerte (First und Second): „Range LR“ und „Range FR“

Die Faktorstufenkombination der Kleiderart und der Reihenfolge wirkt sich nicht signifikant auf die Variablen „Range LR“ [$F(1,16)=1.278$, $p>0.05$ (0.2749)] und „Range FR“ [$F(1,16)=0.2986$, $p>0.05$ (0.5923)] aus. Die einzelnen Mittelwerte der vier Stichproben sind in der Abbildung 21 dargestellt. Es liegt keine signifikante Differenz aufgrund der Wechselwirkung der beiden Faktoren, bezüglich der maximalen Spannweite des Auflagepunktes der Füße vor.

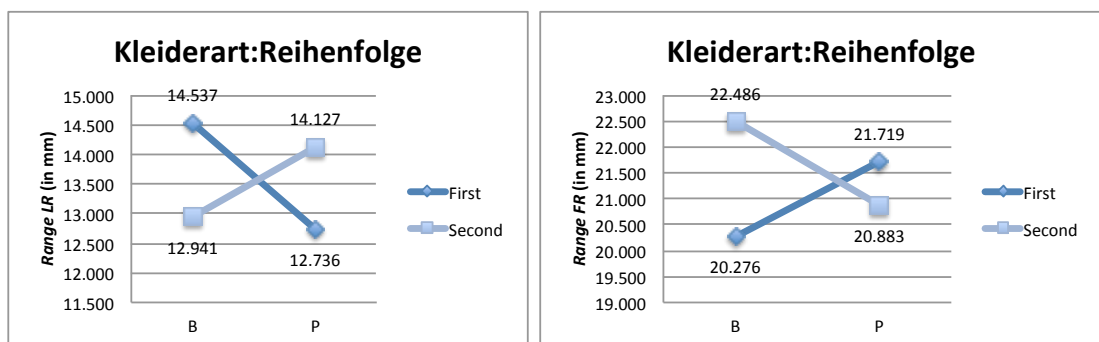


Abb. 21: Interaktionseffekt: a) „Range LR“ b) „Range FR“

6 Diskussion und Schlussfolgerungen

Ziel der Studie war zu untersuchen, ob das Tragen einer gelockerten, biokeramisch beschichteten Kleidung das posturale Gleichgewicht bei gesunden Personen verbessert.

Das Resultat der Varianzanalyse zeigte, dass sich die abhängigen Variablen („Length“, „Length LR“, „Length FR“, „Surface 90“, „Surface 99“, „Range LR“ und „Range FR“) nicht signifikant auf die unabhängigen Variablen der Kleiderart (biokeramische Beschichtung und Kontrollkleidung) auswirken. Die Resultatunterschiede der biokeramisch beschichteten Kleidung B und der Placebo-Kleidung P erreichen das erforderliche Signifikanzniveau von $p < 0.05$ nicht. Das Tragen einer gelockerten, biokeramisch beschichteten Kleidung verbessert das posturale Gleichgewicht nicht signifikant.

Der zweite Einflussfaktor der Reihenfolge mit den Abstufungen „First“ und „Second“ erzielten eine signifikante Differenz bei den Variablen „Length“, „Length LR“ und „Length FR“. Von den ersten 5 Messungen zu den Messdurchgängen 6-10 verbesserte sich die Summe der Verschiebungen des Körperschwerpunktes. Die Schwankungen des Körperschwerpunktes verminderten sich beim zweiten Testteil (Messungen 6-10) signifikant. Hingegen erreichten die Mittelwerte der Messreihenfolge den Signifikanzgrenzwert von $p < 0.05$ bei den abhängigen Variablen „Surface 90“, „Surface 99“, „Range LR“ und „Range FR“ nicht.

Die Faktorstufenkombination der Kleiderart und der Reihenfolge der Messungen erreichte bei keiner der abhängigen Variablen das Signifikanzniveau von $p < 0.05$. Es besteht somit kein signifikanter Gruppeneffekt aufgrund einer möglichen Wechselwirkung der Kleiderart und der Messreihenfolge.

Die unter Kapitel 3.4 aufgestellte Hypothese, dass das Tragen einer gelockerten, biokeramisch beschichteten Kleidung der Linie GOLD REFLECT'LINE® eine Verbesserung des posturalen Gleichgewichts bei Personen bewirkt, die keine neurologischen oder posturalen Störungen aufweisen, trifft nicht zu.

Bei Betrachtung der individuellen Durchschnittswerte, bei der Analyse des Faktors der Reihenfolge und beim Vergleich der beiden Kleiderarten B und P, erhält man einen Effekt aufgrund der getragenen Reihenfolge. Bei den Variablen „Length“, „Length LR“ und „Length FR“ sind bei den meisten Probanden im Messdurchgang 6-10 bessere Werte, als bei den Testmessungen 1-5 erkennbar. Unabhängig der Klei-

dungsart (B oder P) ist bei diesen Variablen eine Verbesserung des Gleichgewichts aufgrund der getragenen Reihenfolge erkennbar. Der menschliche Körper gewöhnt sich an Situationen und lernt sich an diese anzupassen. Mit der Wiederholung der physischen Arbeitstätigkeit und mit zunehmender Anzahl Repetitionen wird eine Verbesserung aufgrund der Übung erzielt. Die gesammelte Erfahrung kann vor allem bei repetitiven physischen Leistungen eingesetzt werden. Der Lerneffekt erklärt die Resultate bei den Variablen „Length“, „Length LR“ und „Length FR“, die sich bei den Messungen 6-10 verbessert haben.

Um eine Auswirkung des Lerneffektes zu vermeiden, wurde die Reihenfolge der getragenen Kleiderart bei jedem Probanden gewechselt. Dies wirkt einem Interaktionseffekt der Kleiderart und der Messreihenfolge entgegen. Die abwechselnde Reihenfolge von B und P wurde gezielt eingesetzt, um einen Effekt der Kleiderart zu bestimmen, der nicht aufgrund der Messreihenfolge entstehen konnte.

Die Probanden wurden vor den Messungen nicht über die unterschiedlichen Kleiderarten informiert. Die Testpersonen wurden auch nicht darüber informiert, dass es sich bei einer Kleiderkombination um eine Kontrollkleidung handelt. Die beiden Stoffe fühlten sich jedoch nicht gleich an. Im Kapitel 4.2.3 wird erwähnt, dass sie nicht gleich schwer waren und bei der biokeramischen Beschichtung eine Stoffmusterung erkennbar war. Dieser Unterschied könnte sich minim auf die Resultate ausgewirkt haben. Mit angepassten Kleidungen, welche ein identisches Gewicht und eine gleiche Musterung aufweisen, könnte einem möglichen Einfluss entgegengewirkt werden.

Das Sportmedizinische Institut in Turin (2009) konnten nachweisen, dass ein T-Shirt der Marke SOLAR'RES die posturale Kontrolle bei einer aeroben maximalen Leistung und in der anschliessenden Erholungsphase verbessern kann. Dabei wurden die Originalkleider, die eng am Körper anliegen getestet. Allerdings wurden nur 8 Personen im Alter zwischen 30-60 Jahren untersucht. Um herauszufinden, wer wirklich positiv auf die spezielle Faserung reagiert, ist das Bilden von unterschiedlichen Testgruppen erforderlich. Ein grösseres Probandenkollektiv mit ähnlichen Charakteristika, oder auch eine Testgruppe mit unterschiedlichen mentalen und physischen Eigenschaften könnten neue Erkenntnisse liefern.

Anhand dieser Arbeit wurden nicht die Originalkleider getestet, sondern Kleidungsstücke mit einer gelockerten Elastizität. Dies könnte die unterschiedlichen Resultate

der beiden Studien erklären. Da mit der geänderten Originalkleidung der Stoff nicht mehr an der Haut direkt aufliegt, könnte dies den Gleichgewichtseffekt mindern. Eventuell wirkt die biokeramische Beschichtung besser, je näher sich diese dem Körper befindet. Daher ist es sinnvoll, in zukünftigen Studien weitere Aspekte der Originalkleidung zu verändern, um deren Auswirkung auf das posturale Gleichgewicht zu untersuchen. Es wäre somit eine wertvolle Ergänzung, eine weitere Testgruppe mit unterschiedlichen mentalen oder physischen Eigenschaften zu testen. Mit Veränderung diverser Komponenten könnte man den möglichen Einfluss der biokeramisch beschichteten Kleider herausfinden.

Mir untersuchte im Jahr 2008 gesunde Probanden bezüglich einer Placebo-Jacke und einer biokeramisch beschichteten Jacke. Laut den Resultaten beeinflusst die biokeramische Beschichtung der Kleider die posturale Kontrolle nicht. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass mit einer Jacke nur der Oberkörper bedeckt ist. Hingegen wurde ein Effekt auf die Kapazität eines Individuums beim Ausbalancieren in statischen Konditionen beobachtet. Zudem konnte ein Einfluss der biokeramisch beschichteten Kleidung auf die Propriozeption festgestellt werden. Der Einflussmechanismus selbst ist jedoch noch unbekannt. Auch Mir tendiert dazu, weitere Studien mit Personen unterschiedlicher Charakteristika durchzuführen. Bei Probanden mit verschiedenen pathologischen Störungen, die das Gleichgewicht beeinträchtigen, könnte in Zukunft der Einfluss der speziellen Beschichtung bestimmt werden. Es ist jedoch nicht einfach, mehrere Personen mit derselben pathologischen Störung zu finden.

Dieses Studienresultat stützt die Aussage, dass die Wirkung des biokeramisch beschichteten Stoffes aufgrund der kleineren Körperbedeckung vermindert ausfällt. Die Testkleider dieser Studie bestehen aus ein paar Hosen und einem langarmigen Hemd. Sie bedecken fast den gesamten Körper, liegen jedoch nicht eng an der Haut auf. Dies könnte einen eventuellen Effekt auf die Propriozeption vertuschen. Dass die propriozeptiven Informationen für die Regulation des Standgleichgewichts sehr wichtig sind, wurde bereits im Kapitel 3.1.4 erwähnt. Nardone et al. (2000) und Nardone et al. (2001) konnten zeigen, dass bei der ungestörten Standregulation vor allem die II-Afferenzen eine dominierende Rolle spielen.

Die spezielle Faserung soll gemäss Hersteller (HT Concept, online) den muskulären Tonus stimulieren, die abgegebene Energie des Körpers auffangen und ihm wieder

zurückgeben. Der biokeramisch beschichtete Stoff kann unter Umständen diese Wirkung nur vollbringen, wenn er sich näher der Haut befindet. Somit könnte eine positive Wirkung auf die Standkontrolle nur erzielt werden, wenn die Kleider dem Probanden eng anliegen und einen Grossteil der Körpers bedecken.

Burnel fand 2012 in ihrer Masterarbeit einen positiven Effekt der biokeramisch beschichteten Kleidung auf das posturale Gleichgewicht bei geöffneten Augen. Bei geschlossenen Augen fand sie keinen signifikanten Unterschied zwischen der Originalkleidung und der Placebo-Kleidung. Auch bei einer Vibrationsstörung der Achillessehne fand sie eine Verbesserung der Standstabilität. Die Gleichgewichtsstrategien bei einer Störung betreffen den ganzen Körper. Die Differenzen der Standstabilitätskontrolle bei geschlossenen Augen führt sie auf die individuellen Kompensationsstrategien zurück.

Das Material, die Messungen und die Datenauswertung ähneln der hier durchgeführten Studie. Der einzig markante Unterschied ist die Lockerung der Originalkleidung. Wie schon vermutet, können die unterschiedlichen Resultate an der gelockerten Elastizität der Kleider liegen. Der Stoff besitzt nicht dieselbe Wirkung auf das posturale Gleichgewicht, wie wenn er an der Haut direkt aufliegt.

Es könnte auch sein, dass der Kompressionseffekt der Originalkleidung die posturale Gleichgewichtskontrolle positiv unterstützt. Dann würde der Einfluss auf die Standkontrolle an der Elastizität der Kleider und weniger an der speziellen Stoffbeschichtung liegen. Es konnte bereits gezeigt werden, dass kompressive Kleider das posturale Gleichgewicht positiv beeinflussen. Die eng anliegenden Kleider wirken sich mit einem unterstützenden Effekt auf die Propriozeption aus. Die propriozeptive Informationsquelle ist ein wichtiger Faktor bei der posturalen Gleichgewichtskontrolle (siehe Kapitel 3.1.4).

Gianocca hat 2013 im Rahmen ihrer Masterarbeit signifikante Differenzen bezüglich der Probandenstabilität beim Tragen einer biokeramisch beschichteten Kleidung und Placebo-Kleidung erhalten. Gemessen wurde ein Probandenkollektiv in einer dynamischen Körperposition, während dem Ausführen eines Handstandes (5 Sekunden). Bei den Testresultaten waren individuellen Unterschiede bezüglich des Niveaus der Sportler ersichtlich. Bei guten Athleten hatte die spezielle Bekleidung keine Auswirkung auf das posturale Gleichgewicht. Um diesen Effekt weiter zu erforschen, müssten Tests mit Probanden unterschiedlichen sportlichen Niveaus getestet werden.

Die Messgeräte und der Testraum waren identisch zu dieser Studie. Auch die Messauswertungen wurden ähnlich durchgeführt. Der Unterschied liegt wiederum an der gelockerten Kleidung, welche nicht eng auf der Haut aufliegt. Im Gegenzug zum Handstand befinden sich die Probanden in dieser Testdurchführung in einer statischen Körperhaltung. Um dem Effekt der biokeramisch beschichteten Kleidungen zu begründen wäre es interessant, die Probanden in einer dynamischen Position zu messen. Würde man die Fussposition verändern oder bei den Testpersonen einen unsicheren Stand provozieren, bei dem erhöhte Stabilisation benötigt wird, könnte ein möglicher Einfluss der speziell gefaserten Kleider gezeigt werden. Eine Möglichkeit wäre einen Romberg-Test auf einer Gleichgewichtsplattform durchzuführen.

In dieser Studie konnte keine signifikante Auswirkung der gelockerten, biokeramisch beschichteten Kleidung auf das posturale Gleichgewicht festgestellt werden. Andere Studien wiederum erhalten bei der Originalkleidung (nicht gelockert) durchaus signifikante Resultate einer verbesserten Gleichgewichtskontrolle. Um aussagekräftige Resultate zu erhalten und einen möglichen Effekt zu begründen sind weitere Untersuchungen nötig.

Die biokeramische Technologie ist sowohl für Spitzensportler, als auch für Freizeitsportler interessant. Doch auch von dem Nutzen ausserhalb sportlicher Betätigungen sollte nicht abgesehen werden. Der Einsatz im Alltag könnte vor allem für ältere Personen wertvoll sein. Eine verbesserte Standstabilität wirkt im Alter präventiv gegen Stürze und Unsicherheiten des Gleichgewichts. Die Technologie und deren Wirkung können sich bei älteren Personen direkt auf deren Lebensqualität auswirken.

Weitere Untersuchungen über das Zusammenspiel der Auswirkungen auf das posturale Gleichgewicht wären sinnvoll. Verschiedene Annäherungen bzw. Veränderungen von Komponenten könnten in zukünftigen Studien berücksichtigt werden, um einen möglichen Einfluss der biokeramisch beschichteten Kleider auf die posturale Gleichgewichtskontrolle zu bestimmen, oder diesen zumindest einzugrenzen.

Quellenverzeichnis

Literaturverzeichnis

- Bergin, P.S., Bronstein, A.M., Murray, N.M., Sancovic, S. & Zeppenfeld, D.K. (1995). Body sway and vibration perception thresholds in normal aging and in patients with polyneuropathy. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, 58: 335-340.
- Buchanan, J.J. & Horak, F.B. (1999). Emergence of postural patterns as a function of vision and translation frequency. *J. Neurophysiol.*, 81: 2325-2339.
- Burnel, M., unter der Betreuung von Bresciani, J.-P. & Cian, C. (2012). *Contribution des vêtements biocéramiques à l'amélioration de la stabilité posturale*. Travail de master en psychologie, Université Pierre Mendès France, Grenoble, France. Travail non publiée.
- Caudron, S. (2010). *Adaptabilité et flexibilité des mécanismes d'intégration sensorielle lors de perturbations proprioceptives du contrôle postural*. Thèse de doctorat en sciences cognitives, psychologie et neurocognition, Université Pierre Mendès France, Grenoble, France.
- Childs, J.D., Cleland, J.A., Elliott, J.M., Teyhen, D.S., Wainner, R.S., Whitman, J.M., Sopky, B.J., Godges, J.J. & Flynn, T.W. (2008). Neck pain: Clinical practice guidelines linked to the International Classification of Functioning, Disability, and Health from the Orthopedic Section of the American Physical Therapy Association. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 38: A1-A34.
- Deviterne, D., Gauchard, G.C., Jamet, M., Vançon, G. & Perrin, P.P. (2005). Added cognitive load through rotary auditory stimulation can improve the quality of postural control in the elderly. *Brain Research Bulletin*, 64(6): 487-492.
- Fitzpatrick, R. & McCloskey, D.I. (1994). Proprioceptive, visual and vestibular thresholds for the perception of sway during standing in humans. *J. Physiol.*, 478 (1): 173-186.
- Fitzpatrick, R., Rogers, D.K. & McCloskey, D.I. (1994). Stable human standing with lower-limb muscle afferents providing the only sensory input. *J. Physiol.*, 480 (2): 395-403.
- Gianocca, V., unter der Betreuung von Bresciani, J.-P. (2013). *Contribution de vêtements biocéramiques à la stabilité de l'appui tendu renversé en gymnastique*. Master thesis in Sport Sciences and Motor Control, University of Fribourg, Fribourg, Switzerland. Travail non publiée.
- Goble, D.J., Coxon, J.P., Wenderoth, N., Van, I.A. & Swinnen, S.P. (2009). Proprioceptive sensibility in the elderly: degeneration, functional consequences and plastic-adaptive processes. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, 33: 271-278.
- Gollhofer, A., Granacher, U., Taube, W., Melnyk, M. & Gruber, M. (2006). Bewegungskontrolle und Verletzungsprophylaxe. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 57 (11/12): 266-270.
- Hafstrom, A., Fransson, P.A., Karlberg, M., Ledin, T. & Magnusson, M. (2002). Visual influence on postural control, with and without visual motion feedback. *Acta Otolaryngol.*, 122: 392-397.
- Jull, G., Falla, D., Treleaven, J., Hodges, P. & Vicenzino, B. (2007). Retraining cervical joint position sense: the effect of two exercise regimes. *J. Orthop. Res.*, 25: 404-412.
- Lackner, J.R. & DiZio, P. (2005). Vestibular, proprioceptive, and haptic contributions to spatial orientation. *Annu. Rev. Psychol.*, 56: 115-147.
- Lee, D.N. & Aronson, E. (1974). Visual proprioceptive control of standing in human infants. *Percept. Psychophys*, 15: 529-532.
- Lord, S.R., Clark, R.D. & Webster, I.W. (1991). Physiological factors associated with falls in an elderly population. *J. Am. Geriatr. Soc.*, 39: 1194-1200.
- Mauritz, K.H. & Dietz, V. (1980). Characteristics of postural instability induced by ischemic blocking of leg afferents. *Exp. Brain Res.*, 38: 117-119.
- Mir, R., unter der Betreuung von Mathieu, D., & Durand, B. (2008). *Apport d'un élément vestimentaire dans la stabilité posturale*. Laboratoire de Physique et mécanique Textiles de l'Université de Haute Alsace, Mulhouse. Travail non publiée.

- Nardone, A., Tarantola, J., Miscio, G., Pisano, F., Schenone, A. & Schieppati, M. (2000). Loss of large-diameter spindle afferent fibres is not detrimental to the control of body sway during upright stance: evidence from neuropathy. *Exp. Brain Res.*, 135: 155-162.
- Nardone, A., Galante, M., Lucas, B. & Schieppati, M. (2001). Stance control is not affected by paresis and reflex hyperexcitability: the case of spastic patients. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, 70: 635-643.
- Revel, M., Minguet, M., Gregory, P., Vaillant, J. & Manuel, J.L. (1994). Changes in cervicocephalic kinesthesia after a proprioceptive rehabilitation program in patients with neck pain: a randomized controlled study. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 75: 895-899.
- Sportmedizinisches Institut Turin FMSI. (2009). *Evaluation des effets de SOLAR'RES au test d'effort*. Communication non publiée.
- Tanaka, T., Kojima, S., Takeda, H., Ino, S. & Ifukube, T. (2001). The influence of moving auditory stimuli on standing balance in healthy young adults and the elderly. *Ergonomics*, 44(15): 1403-1412.
- Taube, W. (2006). *Posturale Kontrolle und ihre Trainierbarkeit*. Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Wirtschafts- und Verhaltenswissenschaftlichen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i.Br., Freiburg i.Br., Deutschland.
- Taube, W., Schubert, M., Gruber, M., Beck, S., Faist, M. & Gollhofer, A. (2006). Direct corticospinal pathways contribute to neuromuscular control of perturbed stance. *J. Appl. Physiol.*, 101: 420-429.
- Taube, W., Leukel, C. & Gollhofer, A. (2008). Influence of enhanced visual feedback on postural control and spinal reflex modulation during stance. *Exp. Brain Res.*, 188: 353-361.
- Taube, W. & Gollhofer, A. (2012) Postural control and balance training. In A. Gollhofer, W. Taube & J.B. Nielsen, *Routledge Handbook of Motor Control and Motor Learning, Chapter 13* (S. 252-280). Oxon: Routledge.

Elektronische Referenzen

- Balance und Geschicklichkeit* (NÖ Gebietskrankenkasse), Zugriff am 26.06.2013, unter http://www.noegkk.at/portal27/portal/noegkkportal/channel_content/cmsWindow?p_pubid=647524&action=2&p_menuid=69652&p_tabid=3
- HT Concept: GOLD REFLECT'LINE®*. Zugriff am 15.04.2013, unter www.goldreflectline.com
- Vestibularapparat, Kapitel 19*, Zugriff am 24.05.2013, unter http://www.uni-duesseldorf.de/MedFak/mai/zns/theorie/HHU/Na_Q/_19-Ves-www-1.htm

Abbildungsverzeichnis

- Berchtold, P. *Fotografien vom 01.03.2013*.

Anhang

Tab. 3: Liste der Probanden (mit Informationen zur Testdurchführung)

Kürzel	Sex	Jahrgang	Alter	Körpergrösse in m	Körpergewicht in kg	BMI	Hemd	Hose	Test 1-5	Test 6-10
A 1	m	1986	27	1.74	77	25.433	L	42	B	P
B 2	m	1987	26	1.81	84	25.640	L	44	P	B
C 3	m	1979	34	1.70	71	24.567	M	40	B	P
D 4	w	1991	22	1.65	62	22.773	S	38	P	B
E 5	w	1986	27	1.71	45	15.389	S	38	B	P
F 6	m	1982	31	1.87	91	26.023	L	46	P	B
G 7	w	1987	26	1.74	66	21.799	M	40	B	P
H 8	w	1991	22	1.68	56	19.841	S	38	P	B
I 9	w	1987	26	1.72	59	19.943	S	38	B	P
Defekter Sensor auf der Gleichgewichtsplattform (zwei Probanden nicht getestet)										
J 10	m	1992	21	1.78	78	24.618	M	42	B	P
K 11	m	1990	23	1.75	67	21.878	M	42	P	B
L 12	w	1992	21	1.7	61	21.107	S	38	B	P
M 13	w	1990	23	1.73	58	19.379	S	38	P	B
N 14	w	1991	22	1.75	57	18.612	S	38	B	P
O 15	w	1988	25	1.68	69	24.447	M	40	P	B
P 16	w	1984	29	1.67	60	21.514	S	38	B	P
Q 17	m	1989	24	1.75	86	28.082	M	42	P	B
R 18	m	1989	24	1.83	84	25.083	M	40	B	P
Durchschnitt		1987.833	25.167	1.737	68.389	22.563				
Standard-abw.		3.536	3.536	0.058	12.561	3.200				

Tab. 4: Mittelwerte und Standardabweichungen (Grand mean, B und P)

Messwert	Grand mean	Standard-abweichung	Mittelwert B	Standard-abweichung	Mittelwert P	Standard-abweichung
Length (in mm)	373.2947	109.2228	370.974	104.6240	375.616	114.1762
Length LR (in mm)	197.3003	42.9579	196.602	39.8459	197.999	46.0740
Length FR (in mm)	273.8618	98.7314	271.871	95.7693	275.853	102.1055
Surface 90 (in mm ²)	158.7801	85.3832	158.097	76.5445	159.463	93.8217
Surface 99 (in mm ²)	365.0908	196.3259	363.521	176.0025	366.661	215.7288
Range LR (in mm)	13.6683	4.0550	13.828	4.0699	13.509	4.0565
Range FR (in mm)	21.2563	7.4521	21.258	7.6520	21.254	7.2897

Tab. 5: Mittelwerte und Standardabweichungen (First und Second)

Messwert	Mittelwert First	Standard-abweichung	Mittelwert Second	Standard-abweichung
Length (in mm)	384.509	111.7360	362.080	106.0848
Length LR (in mm)	203.190	43.8181	191.411	41.4888
Length FR (in mm)	282.316	101.7256	265.407	95.4602
Surface 90 (in mm ²)	160.917	89.4461	156.643	81.5639
Surface 99 (in mm ²)	370.004	205.6678	360.177	187.5439
Range LR (in mm)	13.737	3.9874	13.600	4.1427
Range FR (in mm)	20.917	7.5841	21.595	7.3445

Tab. 6: Mittelwerte (Kleiderart:Reihenfolge)

<i>Length</i> (in mm) Kleiderart: Reihenfolge	First	Second	<i>Length LR</i> (in mm) Kleiderart: Reihenfolge	First	Second
B	368.682	373.838	B	202.787	188.871
P	404.294	352.673	P	203.693	193.443

<i>Length FR</i> (in mm) Kleiderart: Reihenfolge	First	Second
B	264.240	281.409
P	304.911	252.606

<i>Surface 90</i> (in mm ²) Kleiderart: Reihenfolge	First	Second	<i>Surface 99</i> (in mm ²) Kleiderart: Reihenfolge	First	Second
B	161.951	153.280	B	372.382	352.443
P	159.624	159.334	P	367.032	366.365

<i>Range LR</i> (in mm) Kleiderart: Reihenfolge	First	Second	<i>Range FR</i> (in mm) Kleiderart: Reihenfolge	First	Second
B	14.537	12.941	B	20.276	22.486
P	12.736	14.127	P	21.719	20.883

Tab. 7: Einzelne Testresultate (Biokeramisch beschichtete Kleidungsart)

Subject	Length (in mm)	Length LR (in mm)	Length FR (in mm)	Surface 90 (in mm ²)	Surface 99 (in mm ²)	Range LR (in mm)	Range FR (in mm)
1	410.905	245.107	279.104	188.874	434.288	17.698	23.543
1	377.349	238.452	242.87	137.448	316.041	14.196	16.246
1	401.027	233.625	276.037	222.998	512.751	19.099	25.667
1	442.627	256.034	308.052	287.542	661.16	16.707	29.866
1	404.182	221.876	289.315	390.147	897.084	21.882	31.21
2	275.756	148.627	203.012	102.928	236.666	11.422	16.745
2	277.605	151.409	203.053	108.226	248.849	11.239	15.813
2	361.826	200.889	256.838	284.714	654.657	12.569	29.87
2	340.105	196.572	236.509	245.802	565.186	19.705	23.143
2	308.825	165.812	224.167	227.133	522.257	20.785	19.434
3	717.272	294.889	595.369	332.427	764.365	25.021	31.842
3	606.875	282.984	477.597	239.404	550.474	20.257	28.876
3	648.898	324.679	496.901	265.486	610.444	20.65	20.371
3	545.442	232.849	448.683	217.176	499.364	18.1	23.385
3	519.004	273.31	388.145	144.898	333.17	16.291	17.392
4	246.989	138.186	178.018	51.228	117.791	8.637	12
4	249.569	149.069	168.427	108.038	248.417	9.524	16.54
4	243.075	138.994	168.144	64.904	149.236	11.992	17.171
4	304.362	171.645	218.514	99.406	228.569	9.09	17.579
4	230.018	131.895	158.993	55.626	127.903	10.479	12.424
5	312.735	180.439	219.925	128.518	295.507	14.427	16.602
5	286.57	161.701	203.267	116.475	267.816	13.559	16.286
5	288.377	182.227	187.861	193.784	445.578	22.831	10.686
5	266.559	153.183	187.461	84.23	193.674	10.319	16.272
5	244.707	149.862	163.009	68.24	156.908	5.637	18.222

6	635.943	333.582	469.133	144.226	331.625	17.875	16.384
6	678.092	254.375	575.199	96.504	221.897	18.909	17.875
6	667.706	250.466	565.108	154.314	354.822	17.327	17.737
6	653.172	239.777	561.665	136.407	313.646	16.875	18.85
6	607.882	238.413	508.536	185.567	426.684	17.241	24.41
7	340.448	176.214	254.656	111.385	256.114	9.224	29.857
7	347.886	190.642	249.023	153.474	352.891	9.865	30.604
7	321.242	170.543	237.143	136.239	313.261	9.189	22.146
7	351.34	201.392	246.309	82.328	189.301	9.065	17
7	353.235	187.511	260.402	144.755	332.841	13.832	21.144
8	273.544	165.263	183.014	112.951	259.715	14.455	16.449
8	322.689	160.507	247.115	92.909	213.63	11.948	15.825
8	322.394	166.719	240.548	73.317	168.582	7.599	17.6
8	327.336	179.882	234.865	71.378	164.122	10.786	13.618
8	315.628	156.892	238.186	113.207	260.302	9.889	21.562
9	311.549	204.87	191.724	34.6	79.557	8.872	7.418
9	300.206	178.959	202.867	54.003	124.173	11.711	9.319
9	274.694	167.179	182.976	61.597	141.632	11.805	8.729
9	304.336	189.75	197.852	88.471	203.426	17.491	8.461
9	275.556	179.786	173.025	84.073	193.314	16.091	10.428
10	435.296	227.663	325.124	193.22	444.281	14.047	27.598
10	369.582	189.122	274.955	224.842	516.99	19.662	19.461
10	337.721	162.173	263.273	105.141	241.755	12.92	16.355
10	384.346	190.367	293.64	150.857	346.872	16.236	19.73
10	379.454	165.18	306.374	175.96	404.593	20.702	21.482
11	322.22	171.395	236.947	150.224	345.417	13.349	21.617
11	297.099	173.638	205.109	186.695	429.277	14.179	30.234
11	355.6	181.346	265.664	157.484	362.111	9.532	23.909
11	437.115	205.554	345.265	99.881	229.661	11.945	16.319
11	356.833	196.937	253.195	307.657	707.411	18.078	31.821
12	330.421	177.364	241.888	129.857	298.587	15.138	19.167
12	335.921	206.151	221.001	75.017	172.491	12.449	14.147
12	312.305	169.927	224.559	71.849	165.205	7.968	14.029
12	298.245	171.303	208.391	59.457	136.713	9.111	8.876
12	288.593	164.926	199.086	71.576	164.577	14.199	15.045
13	452.31	262.593	314.646	282.672	649.961	14.725	29.301
13	365.422	214.75	251.601	143.006	328.822	16.076	18.943
13	368.261	203.452	264.074	125.546	288.674	16.233	16.902
13	360.241	211.007	246.315	152.236	350.044	14.717	17.261
13	326.398	194.205	223.435	100.494	231.07	14.661	15.284
14	319.062	194.749	212.085	64.677	148.716	8.059	15.888
14	319.716	193.67	215.431	192.052	441.596	16.577	19.509
14	328.1	183.222	234.635	124.827	287.022	11.944	15.064
14	350.013	218.608	225.034	142.12	326.783	12.675	19.731
14	398.217	220.984	284.043	72.284	166.207	11.068	14.813
15	417.334	191.646	329.812	212.851	489.42	11.343	34.315
15	410.753	188.762	325.737	315.405	725.226	11.299	36.891
15	403.471	184.689	317.054	238.097	547.468	8.71	41.848
15	392.446	186.921	304.426	158.559	364.581	8.252	37.368
15	377.136	156.374	312.365	148.929	342.439	8.436	33.334
16	398.794	235.062	270.422	122.196	280.972	12.546	19.202
16	403.98	265.168	247.538	193.179	444.185	18.108	16.861
16	358.795	236.885	220.896	205.004	471.375	15.556	18.92
16	339.559	197.251	232.033	220.21	506.341	13.868	23.967
16	320.733	182.642	221.851	200.826	461.77	13.692	30.471
17	305.329	165.52	221.137	92.756	213.279	10.707	16.979
17	328.153	178.307	239.793	181.626	417.622	13.861	32.301
17	345.882	167.242	267.464	194.367	446.917	8.601	31.636

17	336.711	177.428	248.375	143.849	330.758	10.866	21.916
17	352.302	204.099	244.897	210.069	483.021	13.707	30.233
18	386.772	208.218	285.927	271.208	623.601	19.467	37.17
18	375.624	203.813	270.12	297.633	684.363	15.268	27.766
18	375.475	178.853	291.992	260.049	597.943	19.119	20.913
18	329.943	161.655	252.044	282.052	648.536	13.259	31.693
18	304.397	156.332	230.086	222.888	512.498	9.416	34.368

Tab. 8: Einzelne Testresultate (Placebo-Kleidungsart)

Subject	Length (in mm)	Length LR (in mm)	Length FR (in mm)	Surface 90 (in mm ²)	Surface 99 (in mm ²)	Range LR (in mm)	Range FR (in mm)
1	373.372	219.526	252.055	207.86	477.942	20.809	19.853
1	354.564	213.037	241.497	122.097	280.744	15.326	14.882
1	360.294	221.416	236.745	225.951	519.541	19.731	19.263
1	404.811	224.294	283.34	183.129	421.076	16.52	21.493
1	400.002	252.299	260.488	222.251	511.033	21.696	27.016
2	455.817	234.706	342.516	358.3	823.856	15.394	35.383
2	389.817	181.189	311.731	285.894	657.369	15.656	30.823
2	327.246	188.091	227.092	144.989	333.381	12.15	21.761
2	342.039	169.019	261.182	101.918	234.345	10.444	15.104
2	300.277	130.302	247.057	61.878	142.28	9.197	15.384
3	480.872	231.327	371.06	134.522	309.313	18.198	23.078
3	552.486	312.251	390.596	160.971	370.129	17.555	24.16
3	565.562	312.314	403.696	212.656	488.969	19.348	23.638
3	702.119	325.617	552.896	258.588	594.583	17.188	28.11
3	681.752	303.323	550.914	287.486	661.031	16.367	29.063
4	338.62	207.8	221.571	96.455	221.784	9.963	18.593
4	271.11	149.906	193.716	69.633	160.111	7.602	12.959
4	235.96	122.994	175.026	45.079	103.653	8.866	10.669
4	244.182	133.83	176.558	56.273	129.391	9.707	11.165
4	250.088	141.621	175.194	56.726	130.433	10	9.683
5	254.103	158.182	164.91	87.021	200.092	9.273	17.957
5	268.13	169.225	172.132	96.144	221.068	10.903	14.159
5	256.514	155.407	172.258	90.493	208.075	9.496	15.78
5	268.586	169.685	170.586	119.603	275.008	13.802	18.683
5	236.005	149.29	152.196	87.722	201.703	10.78	13.839
6	687.755	286.189	563.703	126.027	289.78	15.454	23.02
6	658.58	243.21	566.026	198.512	456.448	18.509	22.524
6	724.506	257.624	625.959	95.903	220.514	12.369	16.101
6	683.297	307.562	545.259	141.181	324.625	15.746	17.085
6	700.134	325.284	547	130.454	299.958	17.428	19.406
7	295.075	178.992	196.721	128.745	296.029	13.294	21.624
7	345.165	198.901	236.701	104.27	239.753	12.175	17.917
7	337.725	185.652	243.965	75.972	174.687	8.528	17.278
7	309.499	171.994	220.624	65.38	150.331	9.091	11.217
7	333.017	197.458	227.436	100.455	230.981	12.756	17.916

8	327.897	172.157	241.966	93.603	215.227	11.755	14.215
8	290.314	153.709	213.905	70.93	163.094	9.763	19.089
8	339.158	174.48	255.982	76.97	176.981	10.823	16.793
8	314.07	179.314	218.933	58.977	135.608	9.285	12.089
8	376.748	209.233	268.074	135.843	312.35	11.467	20.668
9	272.898	173.749	173.727	66.969	153.985	10.56	11.348
9	311.905	194.24	200.638	79.666	183.18	10.389	18.14
9	296.08	193.695	181.162	119.189	274.056	15.609	18.266
9	282.232	170.745	191.1	110.414	253.88	18.592	11.402
9	296.063	197.128	178.597	108.335	249.1	16.962	15.106
10	351.596	171.827	274.222	139.445	320.634	15.415	17.359
10	369.014	166.6	294.099	161.581	371.531	14.054	16.515
10	441.754	194.116	355.384	203.688	468.351	16.256	26.172
10	364.853	167.865	289.734	149.412	343.55	15.293	25.454
10	308.733	146.782	240.002	97.911	225.131	9.303	19.538
11	389.739	195.929	295.705	163.895	376.852	17.488	21.412
11	332.094	187.112	236.273	126.079	289.9	12.206	20.927
11	361.395	190.78	267.194	175.791	404.205	14.233	23.368
11	372.341	166.747	299.312	165.638	380.86	9.566	25.827
11	368.862	181.672	284.276	128.704	295.936	12.841	22.438
12	274.197	165.593	183.616	74.075	170.325	11.681	13.675
12	287.215	155.364	209.055	75.659	173.965	8.866	17.573
12	297.191	157.641	218.702	154.131	354.401	15.357	17.901
12	269.182	147.062	193.529	98.496	226.477	13.426	11.571
12	301.032	167.572	218.183	101.927	234.366	11.304	17.113
13	456.629	251.093	330.006	260.385	598.716	14.722	28.555
13	458.325	305.243	283.798	149.706	344.227	17.727	15.945
13	442.309	276.458	284.302	330.578	760.115	17.194	35.273
13	403.871	246.872	269.273	495.857	1140.15	22.495	28.165
13	368.028	209.248	261.692	228.544	525.501	11.669	29.545
14	319.79	179.145	225.335	117.67	270.565	10.055	20.999
14	310.581	179.306	216.142	101.424	233.21	10.119	17.481
14	329.864	170.628	246.115	87.278	200.682	8.642	25.892
14	371.447	199.308	268.829	184.284	423.734	13.005	24.526
14	373.979	194.859	275.35	150.896	346.962	12.237	23.368
15	503.672	199.803	421.975	156.807	360.554	12.136	27.282
15	470.665	243.58	349.595	251.61	578.54	13.316	29.015
15	452.669	208.544	357.798	297.493	684.041	12.891	43.576
15	476.879	209.983	382.934	286.28	658.257	13.202	33.545
15	449.16	192.771	365.731	182.42	419.446	13.579	28.224
16	301.965	176.753	204.777	139.369	320.457	9.943	30.268
16	354.69	185.394	260.681	240.837	553.768	10.631	30.158
16	323.885	182.223	229.051	172.919	397.601	15.695	18.105
16	382.672	208.337	274.489	147.192	338.446	13.915	17.25
16	395.215	240.075	262.73	133.693	307.407	15.009	13.618
17	300.011	162.865	217.008	57.066	131.216	10.341	11.081

17	329.042	185.393	232.123	112.539	258.768	11.451	14.582
17	331.333	191.535	228.219	215.862	496.342	10.556	26.391
17	326.97	199.205	218.945	100.817	231.813	12.211	19.555
17	320.154	174.654	231.844	93.353	214.651	8.047	21.535
18	340.751	167.578	261.84	433.497	996.761	18.512	36.317
18	317.704	154.49	245.798	256.744	590.345	9.631	41.148
18	343.539	181.682	254.764	235.522	541.547	19.972	21.336
18	317.253	151.05	247.084	338.049	777.293	10.327	38.565
18	346.735	181.168	254.756	515.115	1184.43	32.746	31.054

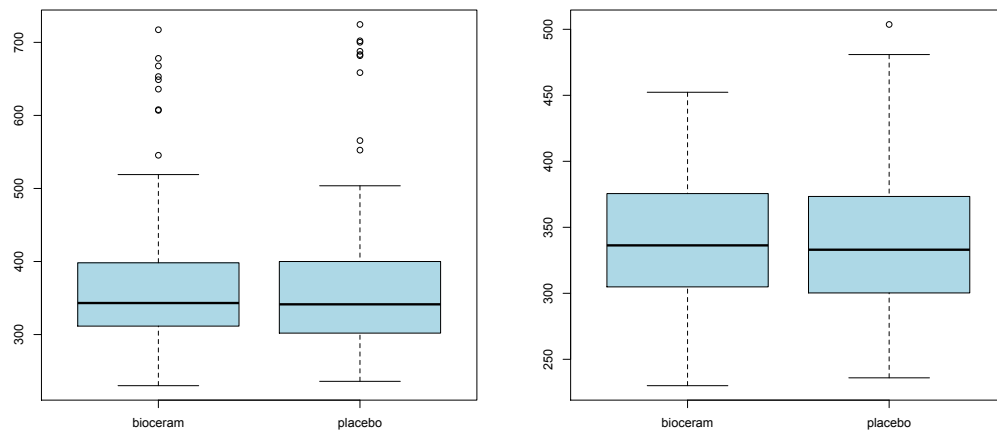


Abb. 22: a) "Length" in mm b) ohne Ausreisser (<515 mm)

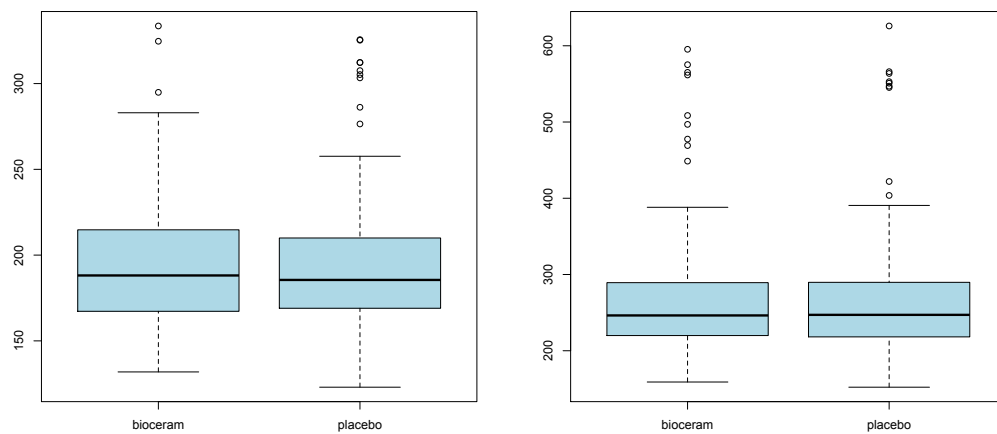


Abb. 23: a) "Length LR" in mm b) "Length FR" in mm

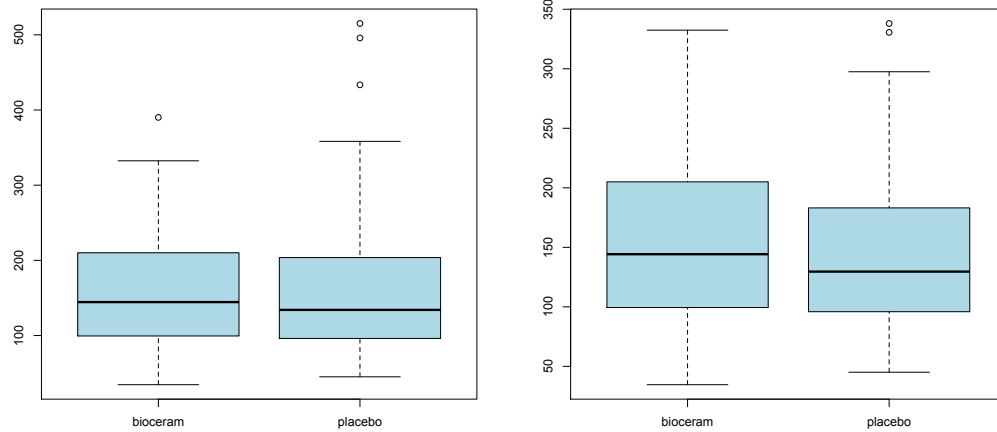


Abb. 24: a) "Surface 90" in mm² b) ohne Ausreisser (<350 mm²)

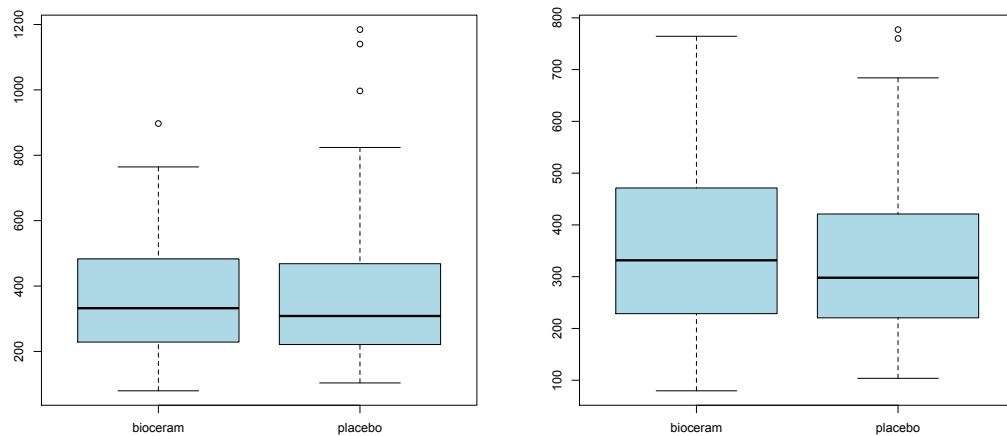


Abb. 25: a) "Surface 99" in mm² b) ohne Ausreisser (<820 mm²)

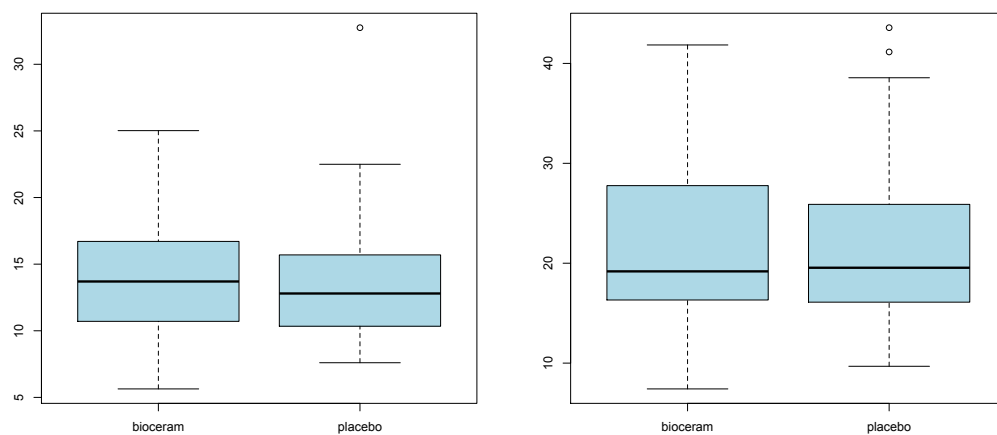


Abb. 26: a) "Range LR" in mm b) "Range FR" in mm

Danksagung

Unternehmen HT Concept

Prof. Jean-Pierre Bresciani

Peter Berchtold, Caroline Berchtold, Claudia Bringhen

Persönliche Erklärung

„Ich versichere, dass ich die Arbeit selbstständig, ohne unerlaubte fremde Hilfe angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäss aus Veröffentlichungen oder aus anderweitig fremden Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.“

Ort und Datum:

Salgesch, 02.09.2013

Unterschrift:

Urheberrechtserklärung

„Die Unterzeichnende anerkennt, dass die vorliegende Arbeit ein Bestandteil der Ausbildung, Einheit Bewegungs- und Sportwissenschaften der Universität Freiburg ist. Sie überträgt deshalb sämtliche Urhebernutzungsrechte (dies beinhaltet insbesondere das Recht zur Veröffentlichung oder zu anderer kommerzieller oder unentgeltlicher Nutzung) an die Universität Freiburg.“

Die Universität darf dieses Recht nur im Einverständnis der Unterzeichnenden auf Dritte übertragen.

Finanzielle Ansprüche der Unterzeichnenden entstehen aus dieser Regelung keine.

Ort und Datum:

Salgesch, 02.09.2013

Unterschrift: